

**Tartu Ülikool**  
**Loodus- ja tehnoloogiateaduskond**  
**Keemia Instituut**

**Jaana Jürgens**

**Uurimusliku õppe kasutamine gaaside lahustuvuse  
õpetamisel süsinikdioksiidi näitel**

Magistritöö

**Juhendaja: assistent Terje Raudsepp, PhD**

**TARTU**  
**2015**

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	3
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	5
1.1 Uurimuslik õpe ja selle rakendamine koolitunnis .....	5
1.1.1 Uurimuslik õpe .....	5
1.1.2 Uurimusliku õppe erinevad liigid ja uurimusliku õppe etapid .....	6
1.1.3 Uurimusliku õppe rakendamine koolitunnis .....	8
1.1.4 Uurimuslik õpe põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas .....	9
1.2 Süsinikdioksiid ja gaaside lahustumine vedelikes keemia ainekavas ja kooliõpikutes ..	10
1.2.1 Süsinikdioksiid ja gaaside lahustumine keemia ainekavas .....	10
1.2.2 Süsinikdioksiidi ja gaaside lahustumisprotsessi käsitlemine põhikooli ja gümnaasiumi õpikutes .....	11
1.3 Süsinikdioksiid (CO <sub>2</sub> ) kui uurimusliku õppe objekt .....	15
2. METOODIKA .....	16
2.1. Uuringu ülesehitus .....	16
2.2. Valim .....	17
2.3. Instrument .....	18
2.4. Andmete analüüs .....	19
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	20
3.1. Pilootuuringu tulemuste arutelu .....	20
3.2. Põhiuuringu tulemuste arutelu .....	22
3.2.1 Eeltesti tulemused .....	22
3.2.2 Järeltesti tulemused .....	25
3.2.3 Eel- ja järeltesti tulemuste võrdlus .....	29
3.2.4 Õpilaste hinnang loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele .....	32
3.2.5 Õpetajate küsimustiku analüüs .....	34
3.3 Õpilaste sagedamini esinevad vead praktilise töö planeerimisel, läbi viimisel ja järeltestides .....	35
KOKKUVÕTE .....	37
TÄNUAVALDUSED .....	39
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	40
SUMMARY .....	44
LISAD .....	46

## SISSEJUHATUS

Õppimisele on viimastel aastakümnetel varasemast oluliselt suuremat tähelepanu hakatud pöörama. Taoline kõrgendatud tähelepanu tuleneb üleilmastumisest. See on kaasa toonud muutused, mis esitavad indiviidile ja ühiskonnale uusi nõudmisi. Muutustega seoses on aktuaalne indiviidide ja organisatsioonide vajadus pidevalt õppida ja areneda. Tänapäeval on tavaline, et mistahes eluetapil inimene õpib. (Beljajev *et al*, 2006)

Viimase kahekümne aasta jooksul on Eesti koolisüsteemis toimunud rida muutusi. Üheks suurimaks on olnud loodusteaduslike õppeainete osakaalu vähenemine. See on aga tinginud olukorra, kus loodusõpetus, bioloogia, keemia, füüsika ja geograafia on muutunud sageli teooriaõppimise tundideks, kus praktilisi töid toimub vähe ja hulganisti leidub ka õpilasi, kes pole gümnaasiumi lõpetamisel teinud koolis ise ühtegi eksperimenti. Loodusvaldkonna ühiste aluste väljatöötamisel leiti, et koolides tuleb juurutada uurimuslik lähenemine, mis võimaldab teooria omandada praktika käigus. Uurimusliku õppe rakendamisel oleks õpilastel suurem huvi valdkonna vastu ning tagatud loodusteadustele omane lähenemine. (Pedaste *et al*, 2009)

Uurimusliku õppe kaudu saab arendada igapäevaeluks vajalikke oskusi (nt probleemide lahendamist, oskust uurimisküsimusi ja hüpoteese sõnastada, andmeid koguda), mida on vaja nii loodusteadustes kui ka teistes valdkondades (Kask, 2010; Pedaste & Mäeots, 2008). Muuhulgas saab uurimusliku õppe abil suurendada õpilaste huvi loodusainete õppimise vastu (Pedaste & Mäeots, 2008; Znamenski, 2012).

Gümnaasiumi riiklik õppekava näeb ette, et keemiateadmised omandatakse suurel määral uurimisülesannete kaudu, mille vältel saavad õpilased probleemide esitamise, hüpoteeside sõnastamise ja katsete või vaatluste plaanimise ning nende tegemise, tulemuste analüüsi ja tõlgendamise oskused (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011). Selliseid kõrgema järgu oskusi saabki arendada uurimusliku õpet kasutades.

Uurimuslike oskuste arendamine on Eestis rakenduvates riiklikes õppekavades kesksel kohal, kuid siiski on mitmed uurimused näidanud, et näiteks loodusainete tundides ei kasutata uurimuslikku õpet kuigi sageli (Kask & Rannikmäe, 2006; Rikka, 2010; Znamenski, 2012).

Varasemad uurimustest selgub, et õpetajad suhtuvad uurimusliku õppe rakendamisesse küll positiivselt, ent tuuakse välja aja-, juhendite ja vajalike vahendite puudust (Voivod, 2011; Veeremaa, 2010; Kiisla, 2011).

Uurimisobjektiks on käesolevas töös süsinikdioksiid. Süsinikdioksiidi näol on tegemist erakordse ainega, mis oma omaduste ja rakenduste poolest on leidnud nii positiivset kui ka negatiivset kajastamist nii õpikutes, ajalehtedes kui ka interneti lehekülgedel.

Kuigi süsinikdioksiidi mainitakse ja käsitletakse mõnede üksikute teemade juures (eelkõige oksüdeerumine, põlemine, happevihmad, fotosüntees), saab teda kasutada laiemalt erinevate nähtuste selgitamiseks kui õpikutes toodud. Ajakirjas *Journal of Chemical Education* on ilmunud mitmeid artikleid (Artdei *et al*, 2008; Lanni, 2014; Kang *et al*, 2007), kuidas rakendada üksikuid katseid süsinikdioksiidiga keemiatunnis.

Magistritöö peamiseks eesmärgiks uurimisprobleemiks on koostada gaaside lahustuvuse teemaline uurimusliku õppe materjal ja katsetada seda erinevates klassides ning hinnata läbi eel- ja järelküsimumstiku loodud õppematerjali efektiivsust.

Eelnevast lähtudes püstitati käesolevale magistritööle järgmised eesmärgid:

- üheks eesmärgiks oli koostada süsinikdioksiidi näitel gaaside lahustuvust puudutav uurimuslikul õppel põhinev õppematerjal 10.klassile;
- viia läbi uurimuslikul õppel põhinev tund, kasutades selleks loodud õppematerjali;
- selgitada välja õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjali abil läbi viidud uurimusliku õppe tunnile;
- hinnata 10.klassi õpilaste arusaamist gaaside lahustumist mõjutavatest teguritest kasutades loodud õppematerjali.

Vastavalt magistritöö eesmärkidele püstitati järgmised uurimusküsimused:

- 1) Kuidas muutub õpilaste arusaamine süsinikdioksiidi omadustest ja gaaside lahustuvusest kasutades loodud õppematerjali?
- 2) Millised on õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjali abil läbi viidud uurimusliku õppe tunnile?
- 3) Millised olid õpilaste sagedamini esinevad vead praktilise töö planeerimisel, läbi viimisel ja järeltestides?

Uurimustöö eesmärkide saavutamiseks koostati, uurimusliku õppe etappide alusel, eel- ja järelküsimumstik, uurimuslikud praktilise töö lehed ning hinnanguküsimumstikud. Uurimistöö valimi moodustasid 10. klasside õpilased. Uuring teostati kolmes Tartu maakonna gümnaasiumis ja osad järeldused kehtivad ainult uuringus osalenud koolide kohta. Uuringus osalenud õpilaste hinnangud kasutatud õppematerjalile kajastuvad hinnanguküsimumstiku tulemustes.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Uurimuslik õpe ja selle rakendamine koolitunnis

### 1.1.1 Uurimuslik õpe

1960. aastal avaldas Jerome Bruner esmakordselt raamatu „*The Process of Education*”. Bruner leidis, et õppimine peab olema aktiivne kaasav protsess ning omama praktilist väärtust. Avastusõppe (*discovery learning*), millele pani aluse Bruner (1960), algsed ideed on ka tänapäeval kasutusel uurimuslikus õppes. Olulisem avastusest endast on uurimus kui protsess. (Pedaste & Mäeots, 2011).

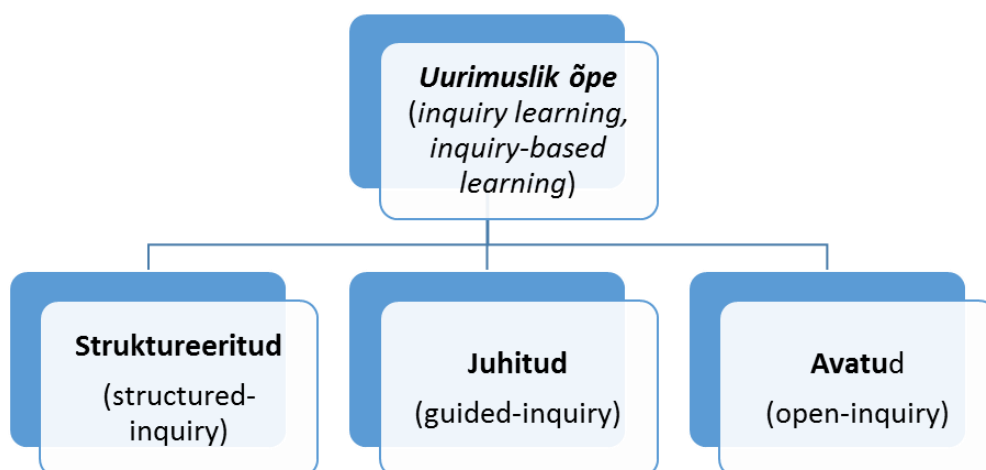
Bruner (1960) leiab, et õpitu ja omandatud oskused peaksid meid aitama nii edasises õppimisprotsessis kui ka pärast seda. Bruneri järgi on avastusõpe see, kui õpilane genereerib ise oma teadmised, kontrollib neid erinevatest infoallikatest ja saab selle kaudu informatsiooni juurde. Bruner arvab, et õppimine toimub kõige efektiivsemalt suunatud avastusprotsessina.

Tänapäeval rääkides uurimuslikust õppest kasutatakse sageli kahte erinevat mõistet: avastusõpe (*discovery learning*) ja uurimuslik õpe (*inquiry learning*). Kirjanduses on mainitud avastusõpet ka kui uurimuslikku õppe üht haru (Gürses *et al.*, 2007) ning nende peamine erinevus seisneb rõhuasetuses. Avastusõppe eesmärgiks on õpilaste jaoks uute seaduspärasuste avastamine, kuid uurimuslikus õppes on põhirõhk seatud uurimisprotsessile (Pedaste *et al.*, 2009).

Uurimuslikku õpet on defineeritud mitmeti. Anderson (2002) peab uurimuslikuks õppeks aktiivset õpiprotsessi, kus õpilane õpib iseenda tegevuse kaudu, mitte tegevuse kaudu, tema heaks tehakse. Zion (2007) on öelnud, et uurimuslik õpe on teadlaste tööle sarnane protsess, mille käigus õpilane omandab uusi teadmisi, kasutades uurimiseks teaduslikke meetodeid. Abd-El-Khalick *et al.* (2004) on uurimuslikku õpet pedagoogilises kontekstis tõlgendanud kahel erineval viisil: esiteks kui lähenemist, mis aitab õpilastel mõista teaduse olemust, ning teiseks kui lähenemist, mille puhul õpilane õpib ise uurimust läbi viima teaduslikus kontekstis. Konkreetsemalt on uurimuslik õpe protsess, mille käigus leitakse ja uuritakse probleeme, arendatakse hüpoteese, planeeritakse, kogutakse andmeid ja tehakse probleemide lahendamiseks järeldusi (Kitot *et al.*, 2010).

### 1.1.2 Uurimusliku õppe erinevad liigid ja uurimusliku õppe etapid.

Sõltuvalt nii õpetaja kui ka õpilase rollist õppeprotsessis võime välise juhitavuse järgi liigitada uurimusliku õppe kolmeks (Kask, 2010; Chatterjee, 2009; Kiisla, 2011): struktureeritud (ing.k. *structured-inquiry*), juhitud (ing. k. *guided-inquiry*), avatud (ing. k. *open-inquiry*) (Joonis 1).



**Joonis 1.** Uurimusliku õppe liigitamine

Viimase aja teaduslikud tööd kirjeldavad üha rohkem ja täpsemini uurimusliku õppe tasemeid, kus peamine erinevus seisneb õpilase haaratusel õppeprotsessi (Tabel 1).

**Tabel 1.** Uurimusliku õppe tasemed (Kask, 2010)

Tase	Küsimus/probleem	Planeerimine	Tulemus
Struktureeritud	Õpetaja antud või sisaldub tööjuhendis	Õpetaja antud või sisaldub tööjuhendis	Toetudes saadud andmetele, formuleerivad õpilased ise tulemuse
Juhitud	Õpetaja antud või sisaldub tööjuhendis	Õpilased ise planeerivad katse küsimusele vastuse saamiseks, arvestades ohutust.	Toetudes saadud andmetele, formuleerivad õpilased ise tulemuse.
Avatud	Õpilased ise püstitavad/tuvastavad ja formuleerivad.	Õpilased ise planeerivad katse küsimusele vastuse saamiseks, arvestades ohutust.	Interpreteerides saadud andmeid, teevad õpilased ise järeldused ja kokkuvõtte, annavad hinnangu oma tööle.

Struktureeritud uurimusliku õppe tasemel (Tabel 1) annab õpetaja õpilasele ette vastust vajava probleemi, uurimisküsimused/hüpoteesid, uurimismeetodi, katse käigu ja analüüsimise metoodika (Fay *et al.*, 2007; Zion, 2007; Buck *et al.*, 2008; Kitot *et al.*, 2010; Mugaloglu *et al.*, 2010). Struktureeritud uurimusliku õppe tasemel on õpetajal suur roll, õpilaste ülesandeks jääb praktilise töö kontekstis vaid eksperimenteerimine ja lahenduse leidmine. Tavaline praktilise töö juhend sisaldab täpselt ettekirjutatud juhiseid, mida teha, millist reaktiivi ja kui palju võtta jne. Õpilase osaks jääb valada katseklaaside sisu kokku ja vaadata, mis toimub, see üles märkida ning põhjendada reaktsioonivõrrandi kirjutamisega (Kask, 2010).

Juhitud uurimusliku õppe tasemel (Tabel 1) annab õpetaja mõnede etappide kohta tööjuhendid või juhendab ise, mõned etapid viivad õpilased ise läbi (Fay *et al.*, 2007; Bretz *et al.*, 2008; Kitot *et al.*, 2010; Mugaloglu *et al.*, 2010). Ka juhitud uurimusliku õppe tasemel on juhtiv roll õpetajal. Õpetaja annab ette probleemi või küsimuse, millele õpilased hakkavad õpetaja abiga vastust otsima. Õpilased planeerivad uurimuse ja teevad järelduse või otsuse. Sellist tüüpi tööd on olulised uurimuslike oskuste ning ainespetsiifiliste manipulaatiivsete oskuste kujundamise algetapil.

Avatud uurimusliku õppe tasemel (Tabel 1) läbib õpilane iseseisvalt kõik uurimusliku õppe etapid (Fay *et al.*, 2007; Bretz *et al.*, 2008; Kitot *et al.*, 2010; Mugaloglu *et al.*, 2010). Avatud uurimusliku õppe tasemel püstitavad õpilased ise uurimisküsimuse ja planeerivad uurimuse, genereerivad lahenduskäigu, koguvad andmed ja teevad kokkuvõtte (Kask, 2010).

Kahjuks on enamik internetis kättesaadavaid tööjuhendeid (ka Vernier' seadmete kasutamisega) struktureeritud või juhitud uurimusliku õppe tasemel (Kask, 2010).

Uurimusliku õppe käigus omandavad õpilased probleemide püstitamise, hüpoteeside sõnastamise, vaatluste ning katsete planeerimise ja tegemise, nende tulemuste analüüsi ning tõlgendamise oskused. Tähtsal kohal on uurimistulemuste suuline ja kirjalik esitamine, kasutades erinevaid verbaalseid ning visuaalseid esitusvorme. Praktiliste tööde tegemise kaudu omandavad õpilased vajalikud praktilise töö oskused: õpivad ohutult kasutama laboris ja argielus vajalikke katsevahendeid ning kemikaale. Juba III kooliastme lõpuks peaks põhikooli lõpetaja rakendama teadusuuringute põhimõtteid (probleem > hüpotees > katse > järeldused) ja planeerima ning tegema ohutult lihtsamaid keemiakatseid. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

### 1.1.3 Uurimusliku õppe rakendamine koolitunnis

Eestis läbi viidud uurimustest selgub, et uurimuslike tööde läbiviimise sagedus pole Eestis loodusteaduste tundides suur (Kask & Rannikmäe, 2006; Pedaste *et al.*, 2009).

Keemia praktilise töö tunnis läbiviidava uurimusliku töö võib jagada kolmeks astmeks (Kask, 2010):

- eksperimendieelne aste, mis sisaldab probleemi määratlemist, uurimisküsimuse või hüpoteesi püstitamist ja katse planeerimist, sealhulgas ka ohutusreeglite arvestamist;
- eksperimendi aste, mis sisaldab eksperimenteerimist andmete kogumiseks ja saadud andmete ülesmärkimist graafikute või tabelitena st sisaldab nii manipulatiivseid (käelisi) kui ka mõttelisi tegevusi;
- eksperimendijärgne aste, mis sisaldab andmete töötlemist, analüüsi ja interpreteerimist, järelduste ja kokkuvõtete tegemist ning tulemuste esitlust.

On selge, et õpilase uurimuslik tegevus ja sellega seotud oskuste kujundamine algab juba algklassides. Kaheksandas klassis algava keemiakursuse raames tuleks arendada spetsiifiliselt keemiatundides vajaminevaid oskusi, nagu enimkasutatavate katsevahendite äratundmise ja nimetamise oskused, vedelike kallamise ja mõõtmise oskused, katseklaasi kuumutamise oskus jne. Gümnaasiumiosas peaksid õpilased suutma ise läbi viia uurimuse – see eeldab avatud uurimusliku õppe taset.

Kiisla (2011) on leidnud oma teadustöös, et loodusteaduste õpetajad kasutavad oma tundides enamikke uurimusliku õppe etappe. Domineerivaks tasemeks on siiski juhitud uurimuslik tase ja seda nii 9. kui ka 11. klassis. Õpetajatele meeldib uurimuslikku õpet läbi viia, sest õpilased on motiveeritud õppima nende teadmised paranevad. Õpetajale on see aga väljakutse. Õpilastele meeldib uurimuslik õpe, sest töö käigus tekivad positiivsed emotsioonid ning saab juurde uusi teadmisi, mida läheb vaja tulevases elus.

Õpetajad peavad uurimusliku õppe erinevate etappide rakendamist oma aines oluliseks, kuid ei tule toime kõigi etappide realiseerimisega. Õpetajate täiendkoolitustel tuleks seega rohkem tähelepanu pöörata just uurimusliku õppe esimestele etappidele (probleemi määratlemine ja katse planeerimine). (Hani, 2010)



### **1.1.4 Uurimuslik õpe põhikooli ja gümnaasiumi riiklikus õppekavas**

Uurimusliku õppega puutuvad õpilased kokku juba põhikoolis ja jätkavad gümnaasiumis. Põhikooli riiklik õppekava ütleb, et õpilase loodusteaduslik pädevus väljendub loodusteaduste- ja tehnoloogiaalases kirjaoskuses, mis hõlmab oskust vaadelda, mõista ning selgitada loodus-, tehis- ja sotsiaalses keskkonnas eksisteerivaid objekte ja protsesse. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Põhikooli lõpetaja vaatleb, analüüsib ning selgitab keskkonna objekte ja protsesse, leiab nendevahelisi seoseid ning teeb üldistavaid järeldusi, rakendades loodusainetes omandatud teadmisi ja oskusi ning oskab märgata ja lahendada loodusteaduslikke probleeme, kasutades loodusteaduslikku meetodit, ning esitada saadud järeldusi kirjalikult ja suuliselt. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Loodusainete ainevaldkonna kirjelduses on ära toodud, et õppimise keskmes on loodusteaduslike probleemide lahendamine loodusteaduslikule meetodile tuginevas uurimuslikus õppes, mis hõlmab objektide või protsesside vaatlust, probleemide määramist, taustinfo kogumist ja analüüsimist, uurimisküsimuste ja hüpoteeside sõnastamist, katsete ja vaatluste planeerimist ning tegemist, saadud andmete analüüsi ja järelduste tegemist ning kokkuvõtete suulist ja kirjalikku esitamist. Sellega kaasneb uurimuslike oskuste omandamine ning õpilaste kõrgemate mõtlemistasandite areng. Keemias omandavad õpilased teadmisi ainete omadustest ja oskusi keemilistes nähtustes orienteeruda ning suutlikkuse mõista eluslooduses ja inimtegevuses toimuvate keemiliste protsesside seaduspärasusi. Õpilased õpivad mõistma keemiliste nähtuste füüsikalist olemust, looduslike protsesside keemilist tagapõhja, seoseid ainete koostise ja ehituse ning ainete omaduste vahel, lisaks arendatakse eksperimenteerimisoskust. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Loodusteaduste- ja tehnoloogiaalase kirjaoskuse kujundamise üheks põhivaldkonnaks loodusõpetuses on praktilised oskused ja loodusteadusliku meetodi rakendamine – oskus sõnastada teadusküsimusi või -hüpoteese, mida on võimalik katse teel kontrollida; kavandada katseid andmete kogumiseks; teha praktilisi töid, kasutades mõõteriistu ja katseseadmeid ohutult; analüüsida andmeid; teha järeldusi tulemuste ja teaduslike arusaamade põhjal; sõnastada üldistusi ning esitada tulemusi. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Loodusainete õpetamise kaudu taotletakse, et gümnaasiumi lõpuks õpilane oskaks koguda infot kasutades selleks loodusteaduslikku meetodit, sõnastaks uurimisküsimusi või hüpoteese, kontrolliks muutujaid vaatluse või katsega, analüüsiks ja tõlgendaks tulemusi ning teeks tõenduspõhiseid järeldusi. (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Keemiaõpetusega taotletakse, et õpilane arendab loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, loovust ja süsteemset mõtlemist ning lahendab keemiaprobleeme loodusteaduslikul meetodil, rakendab omandatud eksperimentaaltöö oskusi. Keemiateadmised omandatakse suurel määral uurimisülesannete kaudu, mille vältel saavad õpilased katsete plaanimise ning nende tegemise, tulemuste analüüsi ja tõlgendamise oskused. Õppes lähtutakse õpilaste individuaalsetest iseärasustest ning võimete mitmekülgsusest arendamisest, suurt tähelepanu pööratakse õpilaste sisemise õpimotivatsiooni kujundamisele. Selle saavutamiseks kasutatakse erinevaid aktiivõppevorme: probleem- ja uurimuslikku õpet, projektõpet, arutelu, ajurünnakuid, õppekaike jne. Aktiivõppe põhimõtteid järgiva õppega kaasneb õpilaste kõrgemate mõtlemistasandite areng. (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Keemiaõpetus gümnaasiumis süvendab põhikoolis omandatud teadmisi, oskusi ja vilumusi. Võrreldes põhikooliga käsitletakse keemilisi objekte ja nähtusi sügavamalt, täpsemalt ning süsteemsemalt, pöörates suuremat tähelepanu seoste loomisele erinevate nähtuste ja seadusparasuste vahel. Õpe on suunatud õpilaste mõtlemisvõime arendamisele. Suurt tähelepanu pööratakse õpilaste iseseisva töö oskuste arendamisele, oskusele kasutada erinevaid teabeallikaid ning eristada olulist ebaolulisest. (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

## **1.2 Süsinikdioksiid ja gaaside lahustumine vedelikes keemia ainekavas ja kooliõpikutes**

### **1.2.1 Süsinikdioksiid ja gaaside lahustumine keemia ainekavas**

Juba põhikooli III kooliastmes teema „Ained ja segud“ juures ühe õpitulemusena on toodud välja seda, et õpilased oskaksid kirjeldada ainete lahustuvust vees ja tekkinud lahuste tähtsust looduses.

Põhikooli III kooliastme teema „Hapnik ja vesinik, nende tuntumaid ühendeid“ käsitlemisel õpitakse tundma gaaside, sealhulgas hapniku, vesiniku, süsinikdioksiidi jt. omadusi (gaasi tihedus õhu suhtes ja lahustuvus vees). Teema „Happed ja alused – vastandlike omadustega ained“ juures õpitakse hindama lahuse happelisust, aluselisust või neutraalsust lahuse pH väärtuse alusel ja määrama indikaatoriga keskkonda lahuses (neutraalne, happeline või aluseline). Teema „Anorgaaniliste ainete põhiklassid“ õpitakse kirjeldama ja analüüsima mõnede tähtsamate anorgaaniliste ühendite ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  jne) peamisi omadusi ning

analüüsima peamisi keemilise saaste allikaid ja saastumise tekkepõhjust, saastumisest tingitud keskkonnaprobleeme (happesademed, raskmetallide ühendid, üleväetamine, osoonikihi lagunemine, kasvuhooneefekt) ja võimalikke keskkonna säästmise meetmeid. „Lahustumisprotsess, lahustuvus“ teemaga tegelemisel õpitakse selgitama temperatuuri mõju gaaside ning suurema osa soolade lahustuvusele vees. Õppesisuks on lahustumisprotsessid, lahustumise soojusefekt (kvalitatiivselt), ainete lahustuvus vees (kvantitatiivselt), selle sõltuvus temperatuurist gaaside ja soolade näitel. Teema „Süsinik ja süsinikuühendid“ raames õpitakse võrdlema ning põhjendama süsiniku lihtainete ja süsinikuoksiidide omadusi. (Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4, 2011)

Gümnaasiumi riiklikus õppekavas on kohustuslikud keemia 3 kursust: „Keemia alused“, „Anorgaanilised ained“, „Orgaanilised ained“. (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011) Gümnaasiumi esimeses kursuses „Keemia alused“ käsitletakse põgusalt ainete lahustuvust mõjutavaid tegureid peatükkides „Miks ja kuidas toimuvad keemilised reaktsioonid“ ja „Lahustumisprotsess, keemilised reaktsioonid lahustes“. Lisaks korratakse sama kursuse raames üle pH mõiste. Kuna käesolevas magistritöös uuritakse ka elektrolüüdi mõju gaasi lahustuvusele, siis ühe uue teemana õpilaste jaoks lisandub kursuses „Keemia alused“ elektrolüüdid ja mitteelektrolüüdid.

Teises gümnaasiumi kursuses „Anorgaanilised ained“ käsitletakse muuhulgas ka mittemetalle. Ühe õpitulemusena on õppekavas välja toodud, et kursuse lõpuks oskab õpilane kirjeldada õpitud mittemetallide ja nende ühendite (sealhulgas ka süsinikdioksiid) tähtsust looduses ja/või rakendamise võimalusi praktikas (Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4, 2011).

### **1.2.2 Süsinikdioksiidi ja gaaside lahustumisprotsessi käsitlemine põhikooli ja gümnaasiumi õpikutes**

Gaaside omaduste ja süsihappegaasi õppimine algab juba 7.klassis. Loodusõpetuse õpikus 7. klassile „Loodusõpetus. Sissejuhatus füüsikasse ja keemiasse“ (Pärtel, 2010) on II peatükis „Ained ja nende segud“ ära toodud, et süsihappegaas on värvitu gaasiline aine, mis tekib põlemisel ja hingamisel. Süsihappegaasi tihedus on  $1,98 \text{ kg/m}^3$  ning kuivas õhus on 0,04% süsihappegaasi. Fotosünteesil lagundavad taimed päikesevalguse toimel süsihappegaasi, kusjuures tekivad hapnik ning süsinikku sisaldavad ained. Samas peatükis on teema „Lahus“, kus kirjeldatakse lahustumise protsessi, räägitakse lisaks tahke aine lahustumisele ka gaaside lahustumisest vees ning seletatakse lühidalt lahti ka rõhu mõju gaaside lahustumisele. Limonaadi

pudeli avamisel eralduvad limonaadist mullid. Mullides on süsihappegaas. Limonaadis on gaas lahustunud kujul. Pudeli avamisel väheneb rõhk ja osa gaasi eraldub. Vees on peale süsihappegaasi lahustunud ka lämmastik ja hapnik. Lisaks on samas peatükis teema „Küllastunud lahus“, kus on ära toodud, et temperatuuril 20 °C lahutub 100 ml vees kuni 172 mg süsihappegaasi. Eraldi peatükk on „Ainete lahutuvuse sõltuvus temperatuurist“, kus on välja toodud, et gaaside lahustuvus väheneb temperatuuri tõusmisel. VIII peatükis „Aine olekute muutumine“ teema „Keemine“ on pikemalt lahti seletatud temperatuuri mõju gaaside lahustumisele. Keev vedelik aurub kogu ulatuses. Vedelikus on alati lahustunud gaasi, mis keemisel eraldub imepisikeste mullikestena. Nendesse mullikestesse vedelik aurubki. Kuna mulle on palju, siis võib öelda, et vedelik aurab kogu ulatuses. Keemisel mullid paisuvad ja pinnale jõudes lõhkevad.

8. klassis lahustumise teema õppimine jätkub. Keemia õpikus VIII klassile (Tamm, 2006), I osa, on eraldi peatükk „Lahused. Segude lahutamine koostisosadeks“, kus seletatakse lahti, mis on lahus ja lahustuvus. Eraldi on välja toodud lahustumise kiirust suurendavad tegurid. Keemia õpikus VIII klassile (Tamm, 2006), II osa, õpitakse põhjalikumalt oksiide. Üks tuntumaid mittemetallioksiide on süsinikdioksiid  $\text{CO}_2$ , mis tekib kütuste ja teiste süsinikku sisaldavate ainete põlemisel, hingamisel ja ka lubjakivi lagundamisel. Kõrgemal rõhul lahustub süsihappegaas hästi vees. Seda omadust kasutatakse karastusjookide valmistamisel. Limonaadipudeli avamisel  $\text{CO}_2$  rõhk vedeliku kohal langeb ja suurem osa lahustunud gaasist eraldub kihisedes joogist.

8. klassis hakatakse õppima lahuse happelisuse või aluselise iseloomustamist. Keemia õpikus VIII klassile (Tamm, 2006), II osa, kirjeldab seda teemat peatükk „Lahuse pH-skaala“, kus tutvustatakse erinevaid indikaatorid ja õpitakse aineid jagama happelisteks, neutraalseteks ja aluselisteks.

Esimesed praktilised tööd  $\text{CO}_2$  omaduste uurimises toimuvad 8. klassis. Näiteks on keemia töövihikus VIII klassile (Katt & Saar, 2012) praktilise töö juhendid süsinikdioksiidi saamise ja omaduste kohta. Eraldi ülesanne süsinikdioksiidi massiprotsendi arvutamine Coca-Colas.

Lahustumist ja lahustumist mõjutavaid tegureid õpitakse kõige põhjalikumalt 9.klassis. Keemia õpikus IX klassile, I osa, (Tamm & Timotheus, 2007) on pühendatud sellele teemale terve peatükk „Lahused. Lahuste omadusi“, kus on ära toodud erinevate gaaside lahustuvus vees 20 °C juures ja gaasi lahustuvus mõjutavad tegurid. Temperatuuri mõju gaaside lahustuvusele ilmneb gaseeritud jookide soojendamisel – kihisedes eraldub nendest lahustunud gaas – süsinikdioksiid. Gaaside lahustuvus vees temperatuuri tõstmisel väheneb. Gaaside lahustuvusele avaldab mõju ka gaasi rõhk. Mida suurem on gaasi rõhk, seda suurem on gaasi

lahustuvus. Karastusjookide valmistamisel lahustatakse süsinikdioksiid joogis kõrge rõhu all. Pudeli avamisel gaasi rõhk vedeliku kohal järsult langeb ning gaasi lahustuvus väheneb oluliselt. Muutunud tingimustes sisaldab vedelik gaasi liiga palju (on gaasiga küllastunud). Üleliigne osa gaasist hakkab joogist kiiresti mullikestena eralduma.

Gaaside ( $O_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ) lahustuvuse sõltumist temperatuurist on graafikuga illustreeritud õpikus Keemia 9. klassile (Karik, 1997) peatükis „Lahused. Lahuste omadused“. Argikogemustest teame, et karastusjoogi soojendamisel eraldub sellest tormiliselt gaasimulle. Gaaside lahustuvus soojendamisel väheneb ja jahutamisel suureneb. Seepärast hoitakse karastusjooke jahedas.

Lahustumisprotsessi soojusefekti on väga hästi kirjeldatud õpikus Keemia IX klassile, Anorgaanilised ja orgaanilised ained, (Karelson *et al.*, 2001) peatükis „Tõelised lahused“. Gaaside ja paljude vedelike lahustumine on eksotermiline protsess, sest puudub kristallvõre, mille lõhkumiseks muidu tuleb kulutada soojust. Gaaside lahustumisel käegakatsutavat efekti enamasti ei ole, kuna soojuse eraldumine on täheldatav ainult üliväikeste veekoguste korral.

Mitmeid harjutusülesandeid ja katse juhendeid ainete lahustumise teemal on toodud Keemia töövihikus IX klassile (Saar & Katt, 2013). Süsinikdioksiidi lahustumuse sõltuvust erinevatest teguritest uuritakse töövihikus peatükis „Lahustumisprotsess. Lahustuvus“ [www.chemicum.com](http://www.chemicum.com) video põhjal. Õpilastel palutakse toodud aadressilt vaadata teema „Lahused, pH“ alt katsevideot „Gaasi lahustuvus“, kus on uuritakse temperatuuri ja rõhu mõju süsinikdioksiidi lahustumisele Coca-Colas. Peale video vaatamist tuleb õpilastel vastata küsimusele: Millest ja kuidas sõltub gaasi lahustuvus vees?

Süsinikdioksiidi omaduste õppimine jätkub samuti 9.klassis. Keemia õpikus IX klassile, II osa, (Tamm & Timotheus, 2007) annab põhjalikuma ülevaate süsinikuühenditest ja nende omadustest peatükk „Süsinik. Süsinikuühendid“. Atmosfääris on peamine süsinikuühend süsinikdioksiid  $CO_2$ , mida leidub seal pisut üle 0,03% (ruumala järgi). Osa  $CO_2$  on ka lahustunud vees. Süsinik on looduses pidevas ringluses ning  $CO_2$  kujul on süsinik oma kõige kõrgema oksüdatsiooniastmega. Süsinikdioksiid on värvitu, nõrga hapuka lõhna ja maitsega, vees üsna hästi lahustuv ja õhust 1,5 korda suurema tihedusega gaas.  $CO_2$  on süsiniku tähtsaim oksiid, mis tekib süsiniku ja igasuguste süsinikuühendite põlemisel hapnikku külluses. Kuna  $CO_2$  on põlemise lõppsaadus, siis ta ei põle. Seetõttu kasutatakse teda tulekustutustöödel.

Süsinikuringet looduses ja süsinikdioksiidi tekkimist ning omadusi kirjeldatakse pikemalt ka õpikus Keemia IX klassile, Anorgaanilised ja orgaanilised ained, (Karelson *et al.*, 2001) peatükis „Süsinik, Süsinikuühendid“. Suurtes kogustes paisatakse  $CO_2$  õhku vulkaanipursetel ja põlengutel. Süsinikdioksiid tekib ka hingamisel, käärimisel, kõdunemisel, mädanemisel jt aeglase

oksüdeerumise protsessides. Süsinikdioksiidi saab kõrvalsaadusena ka mitmetes tööstusprotsessides, näiteks tekib rohkesti süsinikdioksiidi õlle- ja veinitootmises suhkrute kääritamisel. Otseselt süsinikdioksiid mürgine ei ole, kuid tema ülemäärane sisaldus õhus takistab hapniku juurdepääsu kopsudesse, põhjustades lämbumist.

10. klassis õpitakse veelkord lühidalt üle ainete lahustumist mõjutavad tegurid. Uuele õppekavale vastavas Keemia õpikus gümnaasiumile, Keemia alused, (Tamm, 2014) käsitletakse peatükis „Lahustumisprotsess, reaktsioonid lahustes“ gaaside lahustumise sõltuvust temperatuurist. Gaasid koosnevad vabalt liikuvatest molekulidest, mille vahel vastastikmõju praktiliselt puudub. Järelikult pole gaasiliste ainete lahustumisel vaja mingeid varasemaid sidemeid lõhkuda – molekulid ise ju lahustumisel üldreeglina ei lagune. Lahustumisel gaaside molekulid mõnevõrra hüdraatuvad, seetõttu on gaaside lahustumine eksotermiline, kuigi see soojusefekt on enamasti üsna väike. Temperatuuri tõstmisel gaaside lahustuvus väheneb. Gaaside lahustuvuse sõltuvus temperatuurist võib olulist mõju avaldada ka elusloodusele. Kaladele on elutähtis, et vees oleks piisaval hulgal lahustunud hapnikku.

Veelkord tuletatakse meelde ja õpitakse süsiniku tuntumaid ühendeid ka 10. klassis. Paljudes koolides on kasutusel vanale õppekavale vastav õpik Üldine ja anorgaaniline keemia, õpik X klassile (Tamm, 2005), kus on peatükk „Mittermetallilised elemendid“, täpsemalt on süsinikdioksiidist kirjutatud alapeatükis „Tähtsamaid mittermetalle ja nende ühendeid“. Uuesti vaadatakse üle CO<sub>2</sub> omadused ja saamine ning süsiniku ringkäik looduses. Süsinikdioksiid lahustub vees paremini suurema rõhu all. Seda kasutatakse gaseeritud jookside valmistamisel. Uuele õppekavale vastavas õpikus Keemia õpik gümnaasiumile, Anorgaanilised ained, (Tamm, 2014) on süsinikuühendeid käsitletud väga lühidalt peatükis „Mittermetalle ja nende ühendeid“.

Süsihappegaasi lahustumise kohta on toodud ülesanne uuele õppekavale vastavas töövihikus Keemia töövihik gümnaasiumile, Keemia alused (Saar, 2014), kus peatükis „Lahustumisprotsess. Keemilised reaktsioonid lahustes“ on õpilastel vaja mõelda süsihappegaasi lahuses enim leiduvatele anioonidele ja katioonidele. Lisaks on samas peatükis ülesanne erinevate ainete lahustumise sõltuvuse kohta temperatuurist. Keemia töövihikus gümnaasiumile, III osa (Anorgaaniliste ainete omadused ja rakendused) (Saar, 2013) on peatükis „Keemilised reaktsioonid lahustes“ toodud praktilise töö juhend, kus uuritakse lahustuvuse sõltuvust temperatuurist ja üleküllastunud lahuse saamist.

Magistritöö raames koostatud õppematerjalis uuritakse lisaks lahustumise sõltuvusele temperatuurist ja rõhust ka mineraalvee pH-d ja lahustumise sõltuvust elektrolüüdi lisamise toimel. Lahuste pH-skaala korratakse 10.klassis uuesti üle. Keemia õpikus gümnaasiumile, Keemia alused, (Tamm, 2014) on peatükis „Molaarne kontsentratsioon, lahuste pH-skaala“ eraldi peatükk „Hapete ja aluste lahuste pH“, elektrolüütide õppimist alustatakse 10.klassis peatükis

„Elektrolüütide lahused“.

### 1.3 Süsinikdioksiid (CO<sub>2</sub>) kui uurimusliku õppe objekt

Süsinikdioksiid oma eriliste omaduste poolest (ei toeta põlemist, on happeline oksiid, on gaasiline aine, lahustub vees) on leidnud kasutamist paljude erinevate teemade käsitlemisel uurimuslikes praktilistes töödes. Eelkõige tema tekkimine mullide kujul lahustes on selgesti jälgitav.

Ajakirjas *Journal of Chemical Education* on ilmunud mitmeid artikleid, kuidas rakendada üksikuid katseid süsinikdioksiidiga keemiatunnis. Artdej ja Thongpanchang (2008) on uurinud koos õpilastega reaktsiooni stõhhiomeetria kasutades selleks äädikhappe ja söögisooda vahelist reaktsiooni. Töös viidi läbi rida katseid, kus kindlale äädikhappe kogusele (10 ml) lisati erinev kogus tahket söögisoodat, mille massi suurendati 0,1 grammise sammuga nullist kuni 1,0 grammini. Töö tulemusena mõõdeti igas katses eraldunud CO<sub>2</sub> ruumala, koostati graafik ja leiti sellelt stõhhiomeetriapunkt. Ajakirjas *Journal of Chemical Education* on toodud stõhhiomeetria uurimiseks teinegi juhend õpilastele, milles kasutatakse kihiseva joogi pulbrit, sidrunhapet ja söögisoodat (Rohrig, 2000).

Süsinikdioksiidi saamist on uuritud ka teises töös (Antony *et al.*, 2000), mis annab vastuse paljude õpilaste küsimusele, et kas reageerivate ainete lisamisjärjekord katses on oluline? Eksperimendis viidi läbi kaks katseseeriat, millest esimeses lisati kinnises kolvis olevale 50 ml-le 1,0 M naatriumkarbonaadi lahusele tilkhaaval 1,0 M HCl lahust ning mõõdeti eraldunud gaasi ruumala. Katse tulemusena eraldus gaasi ainult kolvis oleva lahuse ruumala suurenemise arvelt ning toimus reaktsioon:  $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^-$ . Teises katseseerias lisati 50 ml-le 1,0 M HCl lahusele tilkhaaval 1,0 M naatriumkarbonaadi lahust ning mõõdeti taas eraldunud gaasi ruumala. Katse tulemusena tekkis märgatavalt rohkem süsinikdioksiidi võrreldes esimese katseseeriaga. Teises katses toimus reaktsioon:  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ .

Duffy jt (2000) viisid klassiruumis läbi aine massi jäävuse seaduse uurimise, kasutades selleks praktilist eksperimenti ja rühmatööd. Õpilastele oli ülesanne esimese katse jaoks kaaluda suurema keeduklaasi põhja 2 g söögisoodat, asetada samasse keeduklaasi katseklaas koos 20 ml äädikhappega ja kaaluda kogu katseseadeldis. Seejärel tuli äädikhape valada samuti keeduklaasi põhja, asetada tühi katseklaas tagasi keeduklaasi sisse ja kaaluda kogu seadeldis uuesti. Kaal muutus ligikaudu 0,6 g. Teise katse jaoks tuli õpilastel korgiga suletava pudeli põhja kaaluda samuti 2 g söögisoodat, lisada pudelisse katseklaas 20 ml äädikhappega, sulgeda pudel korgiga ja kaaluda. Seejärel keerati pudel tagurpidi, et äädikhape saaks

söögisoodaga reageerida ja kaaluti seejärel pudel uuesti. Katse tulemusena pudeli mass ei muutunud või muutus väga vähe.

Süsinikdioksiidi saamist on väga huvitavalt ära kasutatud eksperimendis, kus õpilastel on vaja täita kilekott gaasiga (Lanni, 2014). Töö ülesanne on õpilastel ise planeerida ja läbi viia katse, mille tulemusena nad peavad täitma sulguriga kilekoti süsihappegaasiga. Katse läbiviimiseks on õpilastel kasutada söögisooda, äädikhape, sulguriga kilekotid, gradueeritud silindrid ja analüütiline kaal. Õpilastel tuleb leida sobiv kogus söögisoodat ja äädikhapet, et kott oleks korralikult gaasiga täidetud, katse käigus ei tohi kilekott puruneda ega jääda pooltühjaks. Artiklid on kirjeldatud, kuidas õpilased püüdsid enne katse läbiviimist matemaatiliselt kilekoti ruumala kindlaks teha, osad õpilased täitsid koti veega ja mõõtsid ära vee ruumala. Sellest ruumalast lähtudes said õpilased välja arvutada sobivad söögisooda ja äädikhappe kogused, et täita kilekott täielikult süsihappegaasiga.

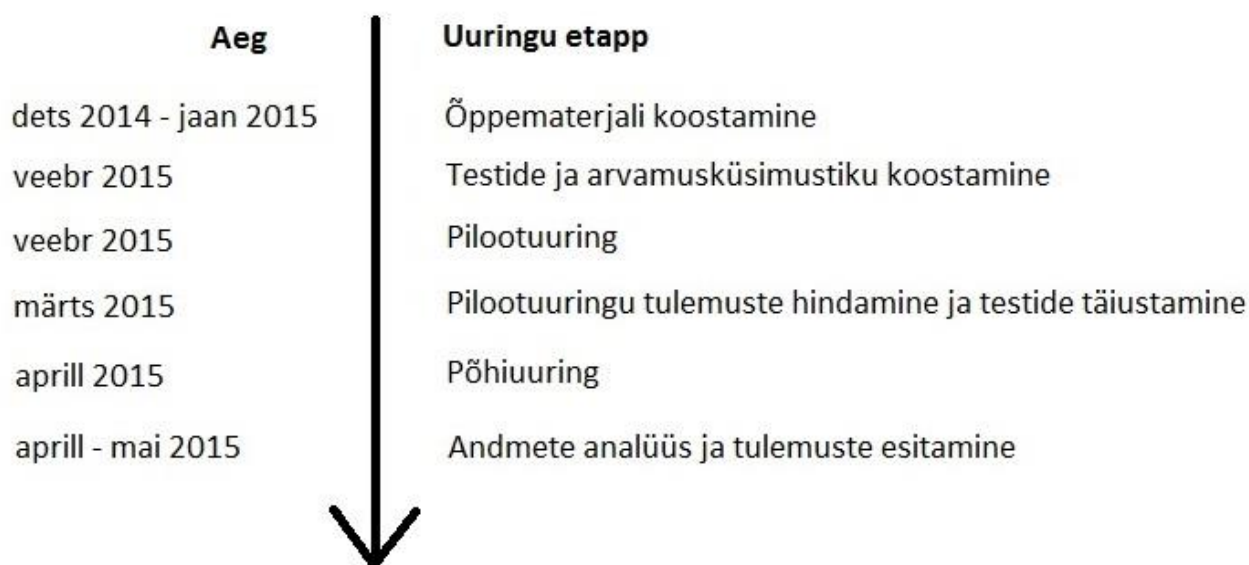
Ajakirjas Journal of Chemical Education on ära toodud praktilise töö juhend ka keemilise kineetika uurimiseks süsinikdioksiidi katsete abil (Journals's Editorial Staff, 1998). Töö käigus on õpilastel vaja valmistada erineva kontsentratsiooniga äädikhappe lahused ja uurida nende reageerimist söögisoodaga. Lisaks on soovitatud juhendis õpilastel proovida äädikhappe asemel ka mõnda teist hapet, mis annaks võimaluse uurida lisaks kontsentratsioonile ka aine iseloomust tulenevat sõltuvust.

## **2. METOODIKA**

### **2.1. Uuringu ülesehitus**

Esimeses uuringu etapis viidi läbi pilootuuring, millele järgnes küsimustike täiustamine. Teises etapis viidi läbi põhiuuring rakendades kolme erinevat küsimustikku ja praktilise töö juhendit kolmes erinevas õppeasutuses. Uuringu viimases etapis analüüsiti saadud andmeid. Uuringu teostamise ajalist jaotust kirjeldab joonis 2.





**Joonis 2.** Uuringu ülesehituse ja tegevuste ajaline jaotus.

Pilootuuringu eesmärk oli kontrollida,

- kas küsimustikud ja praktilise töö juhend on õpilastele arusaadav,
- kas katsete tegemiseks ja küsimuste täitmiseks arvestatud aeg on piisav,
- kas katsete valik ja ülesehitus on 10.klassi õpilastele sobilik.

Planeeritud aeg eel- ja järeltesti, hinnanguküsimustiku ja praktilise töö jaoks oli 45 minutit. Pilootuuring viidi läbi 16.02.2015 Nõo Reaalgümnaasiumi 10. klassi õpilastega keemia tunnis. Uuringus osales kokku 30 õpilast.

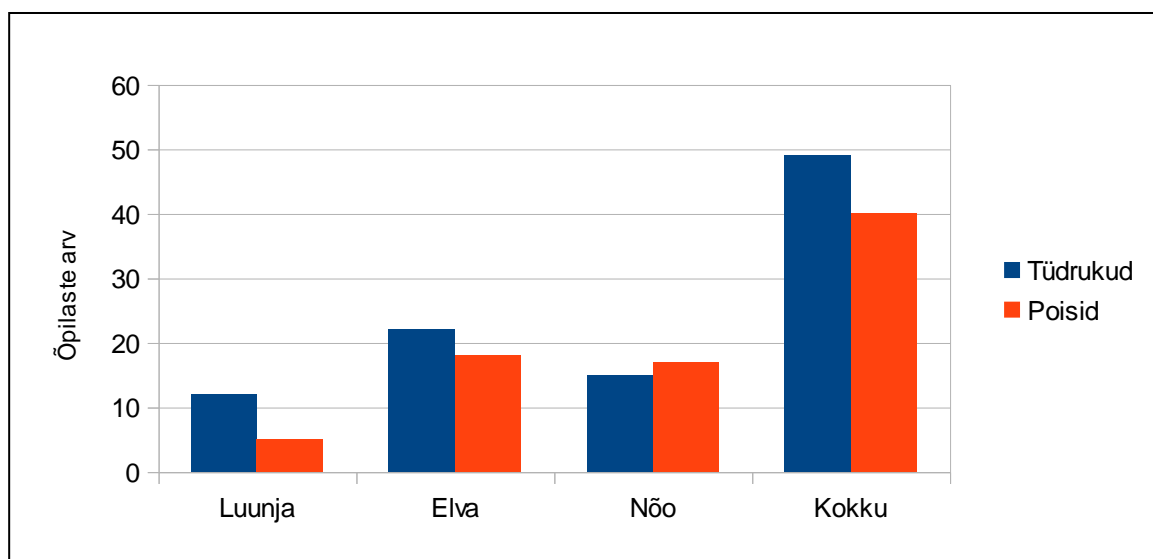
## 2.2. Valim

Töös kasutati mittetõenäosuslikku valimit, kuna uuringud viidi läbi neis klassides, millede õpetajad olid nõus uuringus osalema. Põhiuuringu valim oli mugavusvalim. Valimisse kuulus 89 õpilast kolmest Tartumaa gümnaasiumist viiest erinevast 10. klassist (Tabel 2). Põhiuuring viidi läbi kõikides koolides keemia tundide ajal. Lisaks osales uuringus kolm õpetajat samuti kolmest erinevast Tartumaa koolist. Andmed koguti 2015. aasta aprillis, sest see aeg oli kõigile uuringust osa võtvatele osapooltele kõige sobivam.

**Tabel 2.** Põhiuuringu valimi kirjeldus.

Õppeasutus	Põhiuuringus osalenud õpilaste arv
Nõo Reaalgümnaasium	32
Elva Gümnaasium	40
Luunja Keskkool	17
Uuringus osalenud õpilaste arv kokku	<b>89</b>

Uuringus osales 40 noormeest ja 49 tütarlast (Joonis 3).



**Joonis 3.** Uuringus osalenud mees- ja naissoost õpilaste arv.

Uuringus osales kokku viis erinevat kümnendat klassi.

### 2.3. Instrument

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks kasutati eeltesti, järeltesti, õpilase hinnanguküsimustikku, praktilise töö juhendit ja õpetaja hinnanguküsimustikku (Lisad 1-5). Lisaks kasutati uurimusliku õppe tunnis vaatlust, et selgitada välja peamised vead, mida õpilased eksperimentaalse töö käigus teevad ja koostada selle põhjal nõuanded õpetajatele praktilise töö sujuvamaks läbiviimiseks. Soovitused ja selgitused õpetajatele praktilise töö läbiviimiseks on toodud lisas 6.

Pilootuuringu eel- ja järeltest koosnesid ühest vabavastuselise küsimusest ja viiest

valikvastuselisest küsimusest. Lisaks oli eeltestis teemasse sissejuhatav jutuke, mis kirjeldas ära teemaga seotud probleemi ja järeltestis oli vabavastuseline lisaküsimus, kus paluti selgitada probleemi lahendust. Õpilase hinnanguküsimustik koosnes 10 valikvastuselisest küsimusest. Praktilise töö juhendis olid ära toodud katsete läbiviimiseks õpilastele kasutamiseks valmis pandud ained ja katsevahendid ning praktilise töö testid.

Põhiuuringu eel- ja järeltest olid analoogsed pilootuuringu omale. Õpilase hinnanguküsimustik koosnes 11 valikvastuselisest küsimusest ja praktilise töö juhendile olid lisatud ohutusnõuded laboris töötamiseks. Lisaks kasutati põhiuuringus õpetaja hinnanguküsimustikku, mis koosnes ühest vabavastuselisest küsimusest ja seitsmest valikvastuselisest küsimusest. Õpilastel kulus eel- ja järeltesti täitmiseks, õpilase arvamusküsimustikule vastamiseks ja praktilise töö sooritamiseks kokku 45 minutit. Õpetajatel paluti õpetaja küsimustik ära täita õpilaste uurimusliku õppe tunni jooksul.

Uurimusliku õppe tunni katsete valikul lähtuti sellest, et katsed oleksid võimalikult vähe aeganõudvad, ei nõuaks keerulisi katseseadmeid ega vahendeid ja samas annaksid õpilastele võimalikult palju informatsiooni gaaside lahustumise kohta. Lisaks oli oluline, et kõik katsed oleksid kooskõlas õppekavaga ja et kõikidel õpilastel oleks vastavad teemad teoreetiliselt läbitud.

## **2.4. Andmete analüüs**

Info kogumiseks analüüsiti õpilaste poolt täidetud eel- ja järeltesti ning õpilaste arvamusküsimustiku vastuseid. Lisaks täitsid kõik õpilased uurimusliku õppe tunni jooksul töölehe, kus oli palutud õpilastel enne igat katset püstitada hüpotees, kirjeldada katse käiku ja lõpuks sõnastada eksperimendi tulemus. Lisainfot koguti ka uurimusliku õppe tunni vaatluse käigus ja õpilastega jooksvalt vesteldes.

Uurimise käigus saadud andmed kodeeriti numbriliseks näitajateks, et analüüsimisel saaks kasutada statistilisi meetodeid.

Andmete töötlus algas õpilaste tööde läbi lugemisega ja vastuste sisestamisega LibreOffice Calc 4.0 programmi töölehele ning nende esmase analüüsiga antud programmis. Põhjalikumaks analüüsiks kasutati SPSS (*Statistical Package for Social Studies*) Statistics 22.0 programmis mitteparameetrilist analüüsi.

### **3. TULEMUSED JA ARUTELU**

#### **3.1. Pilootuuringu tulemuste arutelu**

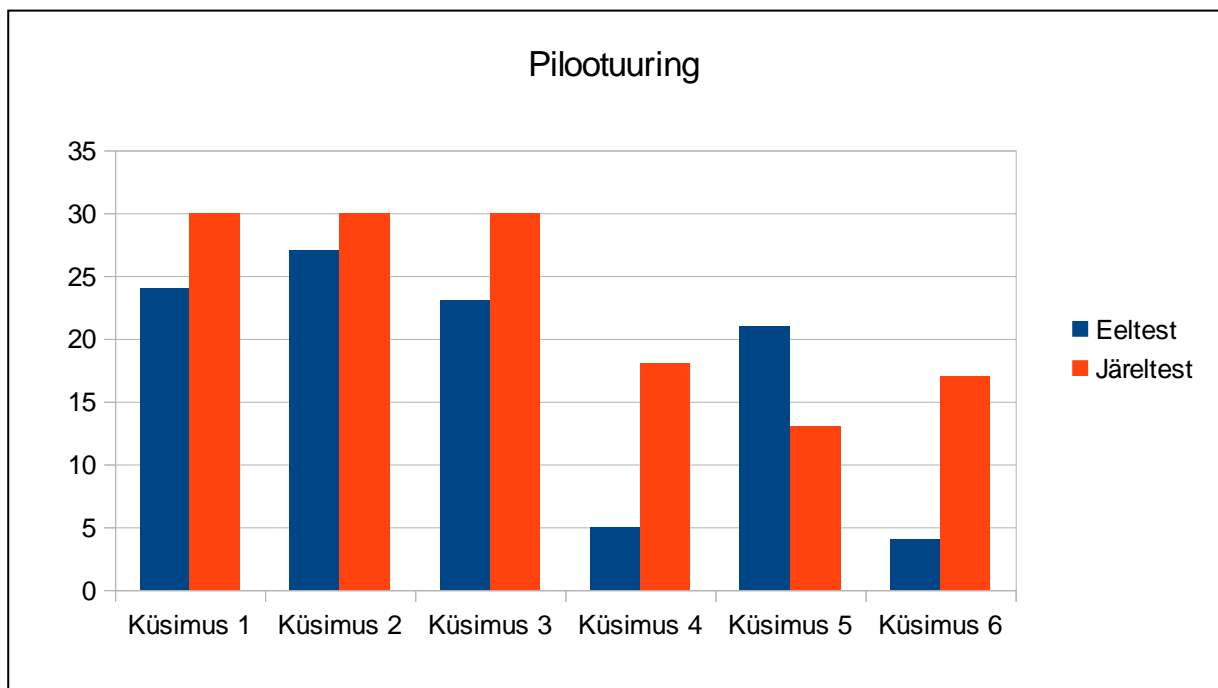
Pilootuuringu eesmärk oli kontrollida,

- kas küsimustikud ja praktilise töö juhend on õpilastele arusaadav,
- kas katsete tegemiseks ja küsimuste täitmiseks arvestatud aeg on piisav,
- kas katsete valik ja ülesehitus on 10.klassi õpilastele sobilik.

Pilootuuringu eesmärkide saavutamiseks vaadeldi õpilaste käitumist uurimusliku töö ja küsimustike täitmise ajal ning hiljem analüüsiti lühidalt õpilaste vastuseid. Pilootuuringus osales kolmkümmend 10. klassi õpilast, kellest 13 olid poisid ja 17 tüdrukud.

Uurimusliku õppe tunni alguses selgitati õpilastele lühidalt tunni teemat, ülesehitust ja korrati üle mõned olulisemad praktilise töö ohutusnõuded. Praktilise töö tegemiseks ja küsimustikele vastamiseks oli õpilastel aega kokku 45 minutit. Sellest ajast piisas täielikult planeeritud tegevuste sooritamiseks, kiiremad õpilased lõpetasid töö 35 minutiga, kuid suurem osa õpilasi lõpetas töö umbes 5 minutit enne tunni lõppu. Seega jäi õpilastele ka natuke aega oma töökoha koristamiseks ja katsevahendite ära panemiseks.

Vaatlusest selgus, et mitmed õpilased vajasid siiski praktilise töö osas täpsemat juhendamist ja peamiste töövõtete meeldetuletamist. Samuti oli hinnanguküsimustik õpilastele kohati raskesti jälgitav. Eel- ja järeltesti andmeid analüüsiti programmiga LibreOffice Calc 4.0 ja tulemustest (Joonis 4) selgus, et kõigis küsimustes (va küsimus nr 5) oli näha õpilaste teadmiste paranemist praktilise töö käigus.



**Joonis 4.** Eel- ja järeltesti õigete vastuste arv pilootuuringus (kokku osales 30 õpilast)

Lähtudes pilootuuringu tulemustest tehti küsimustikes ja praktilise töö juhendis järgnevad muudatused:

- eel- ja järeltestis muudeti ainult gaasi lahustuvust mõjutatavate tegurite tabeli kujundust, et see oleks visuaalselt paremini arusaadav;
- praktilise töö juhendisse lisati juurde selle töö sooritamist puudutavad peamised ohutusnõuded;
- katsevahendite nimistusse lisati juurde elektripliit. Pilootuuringus oli õpilastel kasutada ainult kuum vesivann ja vaatluse tulemusena selgus, et mineraalvee kuumutamine vesivannil ei anna õpilastele nii palju infot, kui seda saaks kuumutamisel elektripliidil. Kuumas vesivannis kuumutamisel on näha ainult mineraalveest mullide eraldumist, kuid pliidil kuumutamisel on lisaks näha ka mineraalvee, millele on lisatud punase peakapsa indikaatorlahust, värvuse muutumist lillast roheliseks ehk aluseliseks.

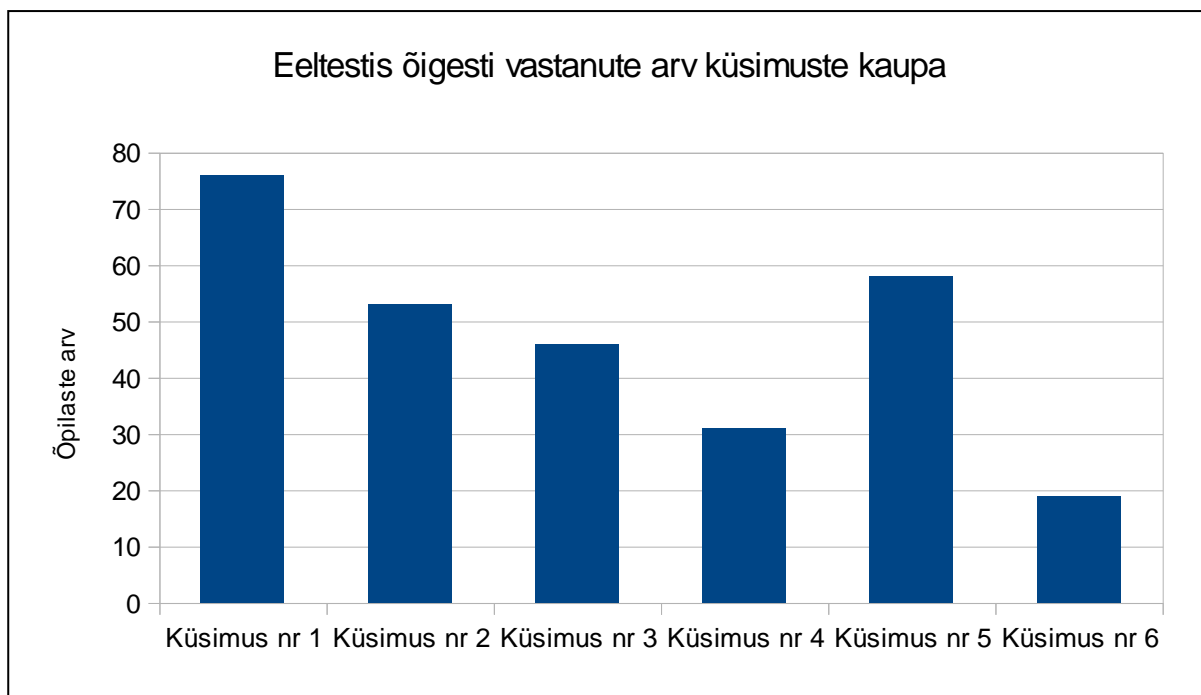
Kõige rohkem muudeti õpilase hinnanguküsimustikku. Pilootuuringus oli õpilaste hinnanguküsimustikus 10 küsimust, nendest 5 jäi samaks, 3 küsimust sõnastati ümber, 2 küsimust kustutati, kuna need dubleerisid juba eelnevaid küsimusi ja tekitasid seega segadust ning 3 küsimust kirjutati juurde.

Pilootuuringu käigus tekkis mõte lisada tööle juurde ka õpetaja hinnanguküsimustik, mis koostati pilootuuringu vaatlustulemusi ja töö eesmärgi silmas pidades.

### 3.2. Põhiuuringu tulemuste arutelu

#### 3.2.1 Eeltesti tulemused

Õpilaste esialgse arusaamise gaaside lahustumise teemast selgitamiseks analüüsiti eeltesti (Lisa 1) vastuseid. Eeltestis oli kuus küsimust, millest esimene oli vabavastuseline ja ülejäänud viis valikvastustega. Iga küsimuse õige vastus andis ühe punkti, seega oli eeltesti võimalik maksimaalselt kokku saada 6 punkti. Joonisel 5 on esitatud eeltestis õigesti vastanud õpilaste arv küsimuste kaupa.



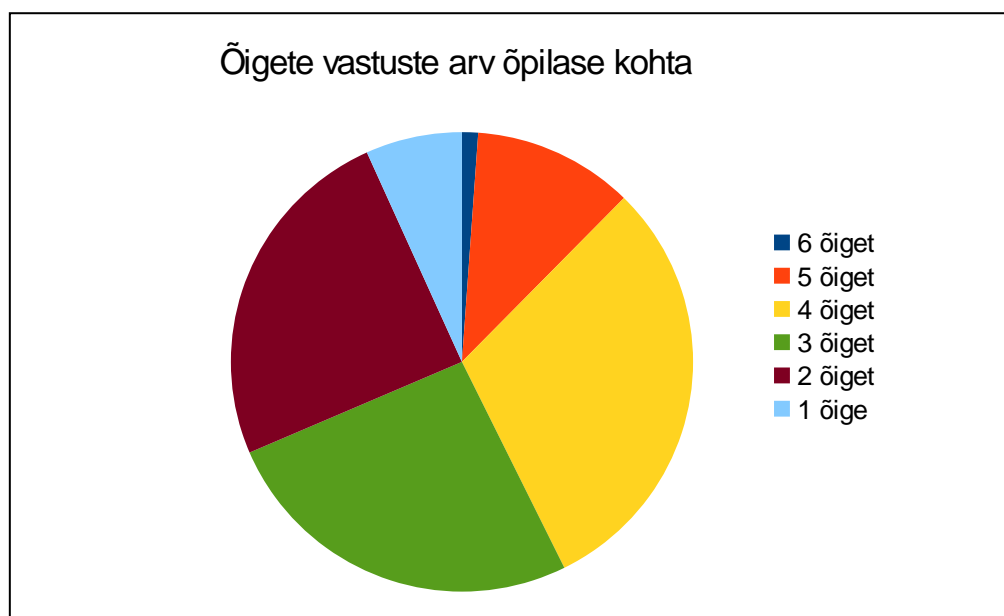
**Joonis 5.** Eeltestis õigesti vastanud õpilaste arv küsimuste kaupa (kokku vastas 89 õpilast).

Eeltesti tulemuste analüüsist selgub, et kõige paremini oli vastatud esimene küsimus, kus oli õpilastel vaja välja pakkuda, milline gaas on lahustunud mineraalvees. 76 õpilast 89-st oli vastuseks kirjutanud süsihappegaas, osadel õpilastel vastus puudus ning mõni õpilane pakkus lihtsalt ohutu gaas või happeline gaas, lisaks pakuti veel  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $He$  jne. Kuigi esimene küsimus oli õpilaste hulgas päris hästi vastatud, siis teisele küsimusele, kus oli vaja arvata,

millise keskkonna (happelise/aluseline/neutraalse) see lahustunud gaas mineraalvees tekitab, vastas õigesti 53 õpilast. Kolmandas küsimuses oli vaja pakkuda, milline võiks olla mineraalvee pH, seda pakkus õigesti vaid 46 õpilast. Siit võib järeldada, et mitmetel õpilastel on raskusi loogiliste seoste leidmisega või on jäänud pH mõiste õpilaste jaoks ebaselgeks. Kui õpilane pakkus, et lahustunud gaas võiks olla süsihappegaas ja see tekitab happelise keskkonna, siis sellegipoolest pakuti, et pH väärtus võiks olla suurem seitsmest.

Küsimustes number neli, viis ja kuus oli õpilastel vaja pakkuda, kuidas mõjutab gaasi lahustuvust temperatuur, rõhk ja elektrolüüdi lisamine. Küsimusele, et kuidas mõjutab gaasi lahustuvust temperatuuri tõstmine, vastas õigesti 31 õpilast, samas 52 õpilast arvas, et temperatuuri tõstmine suurendab gaasi lahustumist nii nagu see on tahkete ainete lahustumise korral. Rõhu mõju gaasi lahustumisele hindas õigesti 58 õpilast ja kõige keerulisemaks osutus küsimus number kuus, kus oli vaja hinnata elektrolüüdi lisamise mõju lahustunud gaasile, õiged vastused oli vaid 19. Kuuenda küsimuse kõige populaarsem vastus oli, et elektrolüüdi lisamine ei mõjuta gaasi lahustumist, seda pakkus 48 õpilast.

Kui eeltesti analüüsida õpilaste kaupa, siis maksimaalsed kuus punkti teenis eeltestis vaid üks õpilane, kes vastas kõik küsimused õigesti. Kõiki küsimusi valesti ei vastanud mitte ükski õpilane. Kõige sagedasem tulemus õpilase kohta oli 4 õiget vastust, mis esines 27 õpilasel. Joonisel 6 on kujutatud õigesti vastatud küsimuste arv õpilase kohta.



**Joonis 6.** Eeltestis õigesti vastatud küsimuste arv õpilase kohta (max 6 punkti).

Eeltestile vastas kokku 40 poissi ja 49 tüdrukut kolmest erinevast koolist. Uurimaks, kuivõrd olenevad testi vastused küsitlute soost, kasutati Mann-Whitney U-testi. Testi tulemused on toodud tabelis 3. Selgus, et kõikidele küsimustele vastasid poisid paremini välja arvatud viimasele küsimusele, kus tüdrukute tulemus oli parem, kuid seda statistiliselt mitteolulisel määral ( $p > 0.05$ ). Poiste tulemus oli statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) parem tüdrukute omast küsimuste koguarvestuses ja esimese, teise ning kolmanda küsimuse korral. Neljandale ja viiendale küsimusele vastasid poisid samuti paremini, kuid statistiliselt mitteolulisel määral.

**Tabel 3.** Mann-Whitney U-testi tulemused poiste ja tüdrukute eeltesti tulemuste võrdlemisel

Eeltest	Poisid		Tüdrukud		p
	Vastanute arv	Mean rank	Vastanute arv	Mean rank	
Kõik küsimused	40	54,28	49	37,43	$p < 0.05$
Küsimus nr 1	40	50,39	49	40,60	$p < 0.05$
Küsimus nr 2	40	50,76	49	40,30	$p < 0.05$
Küsimus nr 3	40	50,93	49	40,16	$p < 0.05$
Küsimus nr 4	40	48,41	49	42,21	$p > 0.05$
Küsimus nr 5	40	47,15	49	43,24	$p > 0.05$
Küsimus nr 6	40	42,18	49	47,31	$p > 0.05$

Leidmaks, kuivõrd erinevad eeltesti tulemused sõltuvalt kolmest klassisuunast (tavaklass, reaalklass ja humanitaarklass), kasutati Kruskal-Wallis testi. Mitmes koolis olid klassidel erinevad kallakud, sama kallakuga õpilased erinevatest koolidest summeeriti (näiteks kui kahes erinevas koolis oli reaalklass, siis nende õpilaste arvud liideti omavahel kokku). Testi tulemused on toodud tabelis 4. Statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) vastasid küsimuste koguarvestuses kõige paremini reaalklasside õpilased (Mean Rank=57,31) ning kõige kehvemini tavaklassi õpilased (Mean Rank=23,47). Küsimustele number üks ja viis vastasid kõige paremini humanitaarklassi õpilased, küsimuse number üks puhul statistiliselt olulisel



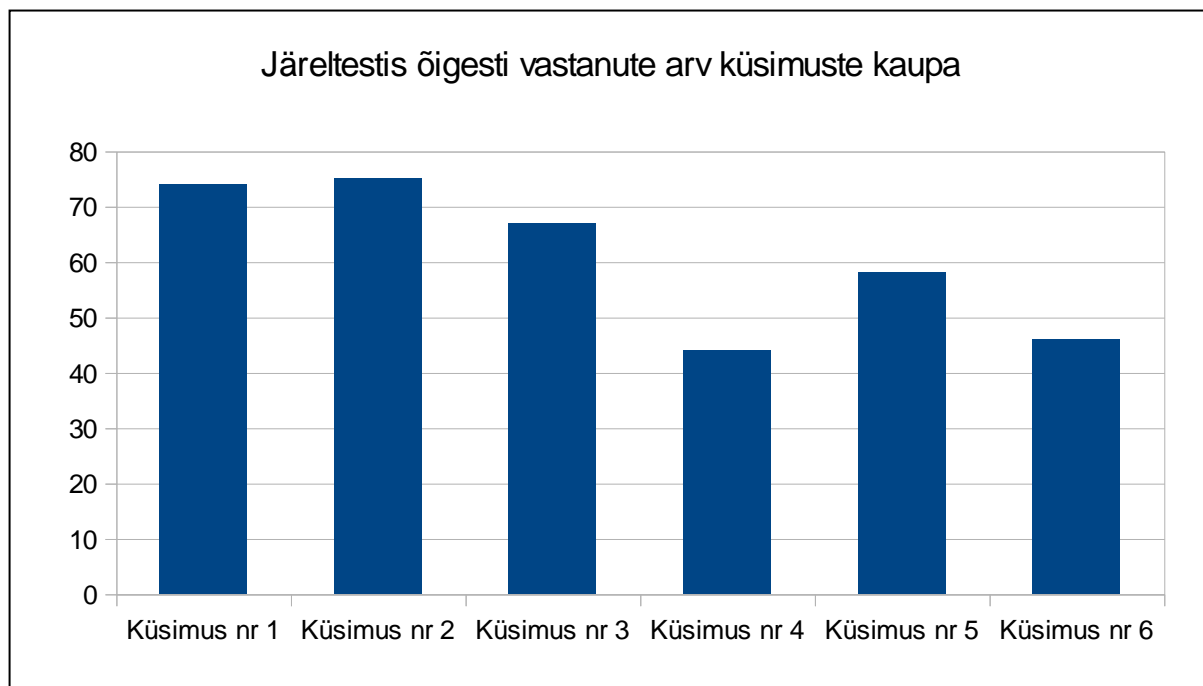
määral ( $p < 0.05$ ) ja küsimuse number viis korral statistiliselt mitteolulisel määral ( $p > 0.05$ ). Küsimuste number viis ja kuus korral erinesid kolme kallakuga klasside vastused omavahel statistiliselt mitteolulisel määral.

**Tabel 4.** Kruskal-Wallis testi tulemused eeltesti küsimuste vastuste ja klassisuundande võrdlemisel.

Eeltest	Tavaklass		Reaalklass		Humanitaarklass		p
	Vastanute arv (N)	Mean Rank	Vastanute arv (N)	Mean Rank	Vastanute arv (N)	Mean Rank	
Kõik küsimused	17	23,47	43	<b>57,31</b>	29	39,36	$p < 0.05$
Küsimus 1	17	27,94	43	47,36	29	<b>51,50</b>	$p < 0.05$
Küsimus 2	17	36,82	43	<b>53,69</b>	29	36,91	$p < 0.05$
Küsimus 3	17	29,85	43	<b>54,08</b>	29	40,41	$p < 0.05$
Küsimus 4	17	42,59	43	<b>52,27</b>	29	35,64	$p < 0.05$
Küsimus 5	17	39,56	43	43,94	29	<b>49,76</b>	$p > 0.05$
Küsimus 6	17	<b>48,59</b>	43	42,74	29	46,24	$p > 0.05$

### 3.2.2 Järelduste tulemused

Õpilaste järelduste (Lisa 2) vastuste analüüsiga sooviti hinnata õpilaste arusaamist gaaside lahustumise teemal pärast magistratöö raames loodud õppematerjali rakendamist. Järelduste koosnes samadest küsimustest nagu eeltesti, millele oli lisatud üks vabavastuseline küsimus, kus õpilased said selgitada praktilise töö käigus omandatud teadmiste põhjal eeltestis toodud situatsiooni. Esimene küsimus oli vabavastuseline, järgmised viis küsimust valikvastuselised ja seitsmes ehk lisaküsimus vabavastuseline. Lisaküsimust punktidega ei hinnatud, see oli pigem arusaamaks, kas õpilane oskab saadud teadmiste baasil selgitada tekkinud olukorda ja jõuda loogiliste järeldusteni. Esimese kuue küsimuse puhul andis iga õige vastus ühe punkti, seega kokku oli maksimaalselt võimalik saada kuus punkti. Joonisel 7 on esitatud järeldustis õigesti vastanud õpilaste arv küsimuste kaupa.



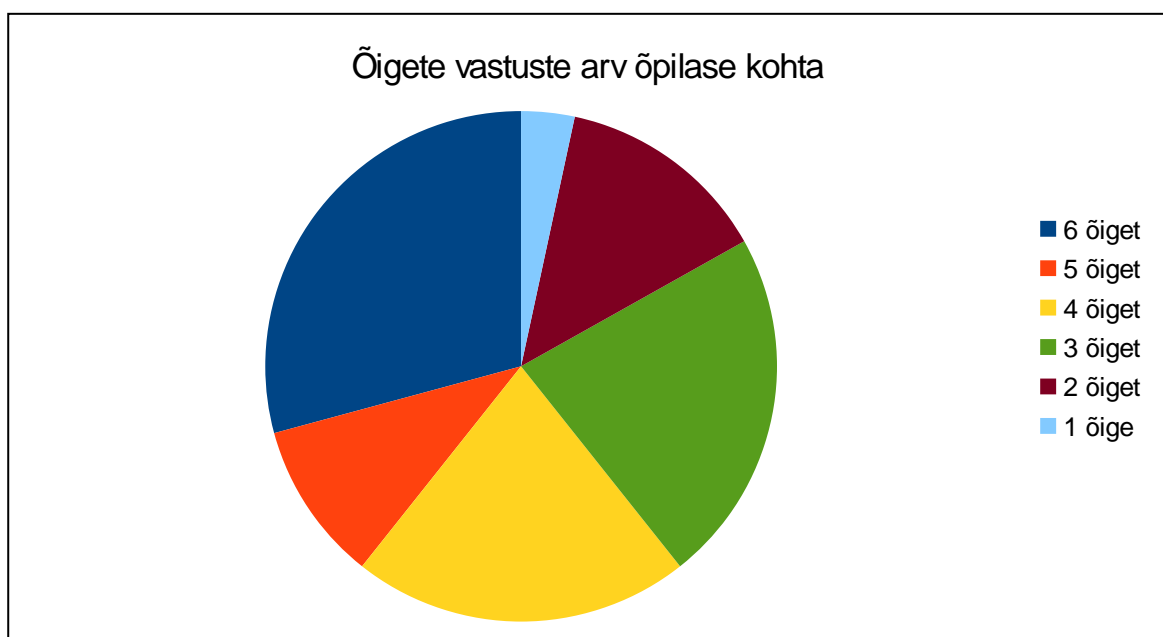
**Joonis 7.** Järeldestis õigesti vastanud õpilaste arv küsimuste kaupa (kokku vastas 89 õpilast).

Järeldestis tulemuste analüüsist selgub, et kõige paremini olid vastatud esimene ja teine küsimus, esimesele küsimusele vastas õigesti 74 õpilast ja teisele küsimusele 75 õpilast. Seega 83-84 % uuringus osalenud õpilastest teadis peale uurimusliku töö tegemist, milline gaas on mineraalvees lahustunud ja millise keskkonna see vees tekitab. Samas esimesest ja teisest küsimusest edasi lähtudes tuli kolmandas küsimuses õpilasel vastata, et milline on mineraalvee pH ja sellele küsimusele vastas õigesti 67 õpilast. See on huvitav fakt seetõttu, et kõik õpilased mõtsid praktilise töö käigus mineraalvee pH-d, lisades mineraalveele punase peakapsa indikaatorlahust ja seejärel võrdlesid saadud värvust pH värvusskaalaga. Eranditult kõik õpilased said selle katse tulemusena happelise tulemuse, saadud pH väärtused võisid küll olla natuke erinevad, aga kõik jäid alla seitsme.

Küsimustes number neli, viis ja kuus tuli õpilastel taaskord hinnata temperatuuri, rõhu ja elektrolüüdi lisamise mõju gaasi lahustumisele. Sarnaselt eeltestile vastati ka järeldestis kõige paremini küsimusele number viis, et kuidas mõjutab gaasi osarõhu vähendamine gaasi lahustumist vees? Sellele küsimusele vastas õigesti 58 õpilast. Küllaltki sarnane õigete vastuste arv oli küsimustele number neli ja kuus, õigeid vastuseid vastavalt 44 ja 46. Neljanda küsimuse korral, kus tuli õpilastel hinnata temperatuuri tõstmise mõju gaasi lahustumisele, vastas ka peale uurimusliku töö sooritamist 40 õpilast, et temperatuuri tõustes gaasi lahustuvus suureneb. Õpilaste uurimusliku töö märkmete ja eksperimendi käigus õpilastega

vestluse põhjal võib järeldada, et selline valearvamus on tingitud peamiselt kahest põhjusest. Esmalt on õpilastele siiski varasematest koolitundidest jäänud meelde, et temperatuuri tõstmine suurendab ainete lahustumist, unustades siinkohal ära, et see on gaaside korral vastupidi ja teine väga levinud vale arvamus oli, et mida rohkem nägi õpilane katseklaasis mineraalvee mullitamist, seda rohkem õpilaste arvates gaas lahustus. Kuuendale küsimusele, kus oli vaja hinnata elektrolüüdi lisamise mõju gaasi lahustumisele, vastas et see ei mõjuta lahustumist 18 õpilast. Jällegi vaadeldes õpilaste uurimusliku töö läbi viimist ja lugedes nende märkmeid praktilise töö lehel, saab järeldada, et see vastus on peamiselt tingitud sellest, et antud katse korral eraldus gaas peale elektrolüüdi lisamist väga kiiresti ja mitmed õpilased lihtsalt ei märganud seda või ei osanud sellest õigeid järeldusi teha. Kuuenda küsimusele korral arvati, et elektrolüüdi lisamine hoopis suurendab gaasi lahustumist 24 korral, põhjus on tõenäoliselt sama, mis neljanda küsimuse korral, et mitmete õpilaste arvates mullide eraldumine tähendab lahustuvuse suurenemist.

Järeltesti õpilaste kaupa analüüsidest selgub et, maksimaalsed kuus punkti teenis järeltestis 26 õpilast, mis on märkimisväärselt rohkem kui eeltestis. Kõikidele küsimustele valesti ei vastanud ka järeltestis mitte ükski õpilane ja vaid ühe õige vastusega piirdus järeltestis 3 õpilast. Kõige sagedasem tulemus õpilase kohta oli 6 õiget vastust, mis esines 26 õpilasel, järgnes 3 õiget vastust 20 õpilasel ja 4 õiget vastust, mis esines 19 õpilasel. Joonisel 8 on kujutatud õigesti vastatud küsimuste arv õpilase kohta.



**Joonis 8.** Järeltestis õigesti vastatud küsimuste arv õpilase kohta (max 6 punkti).

Järeltestile vastas samuti kokku 40 poissi ja 49 tüdrukut kolmest erinevast koolist. Mann-Whitney U-testi kasutati, et leida kuivõrd oleneb õigete vastuste arv õpilaste soost. Testi tulemused on toodud tabelis 5. Järeltestis vastasid kõikidele küsimustele paremini poisid ja seda statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) küsimuste koguarvestuses ja küsimuste number üks ja viis korral. Ülejäänud küsimuste puhul olid poiste vastused tüdrukute omadest paremad statistiliselt mitteolulisel määral ( $p > 0.05$ ).

**Tabel 5.** Mann-Whitney U-testi tulemused poiste ja tüdrukute järeltesti tulemuste võrdlemisel

Järeltest	Poisid		Tüdrukud		p
	Vastanute arv	Mean rank	Vastanute arv	Mean rank	
Kõik küsimused	40	<b>53,10</b>	49	38,39	$p < 0.05$
Küsimus nr 1	40	<b>50,28</b>	49	40,69	$p < 0.05$
Küsimus nr 2	40	<b>46,44</b>	49	43,83	$p > 0.05$
Küsimus nr 3	40	<b>47,10</b>	49	43,29	$p > 0.05$
Küsimus nr 4	40	<b>48,59</b>	49	42,07	$p > 0.05$
Küsimus nr 5	40	<b>51,60</b>	49	39,61	$p < 0.05$
Küsimus nr 6	40	<b>47,59</b>	49	42,89	$p > 0.05$

Järeltesti puhul võrreldi samuti, kuivõrd erinevad testi tulemused sõltuvalt kolmest klassisuunast (tavaklass, reaalklass ja humanitaarklass), kasutades selleks Kruskal-Wallis testi. Testi tulemused on toodud tabelis 6. Tulemustest selgus, et küsimuste koguarvestuses vastasid statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) paremini reaalklasside õpilased (Mean rank 61,60). Esimesele küsimusele vastasid järeltestis statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) paremini humanitaarklasside õpilased, kuid küsimustele number kaks kuni kuus vastasid paremini jällegi reaalklasside õpilased ja seda küsimuste number 3,4,5 ja 6 korral statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ).

**Tabel 6.** Kruskal-Wallis testi tulemused järeltesti küsimuste vastuste ja klassisuundande võrdlemisel.

Järeltest	Tavaklass		Reaalklass		Humanitaarklass		p
	Vastanute arv (N)	Mean Rank	Vastanute arv (N)	Mean Rank	Vastanute arv (N)	Mean Rank	
Kõik küsimused	17	31,62	43	<b>61,60</b>	29	28,22	p < 0.05
Küsimus 1	17	26,32	43	49,40	29	<b>49,43</b>	p < 0.05
Küsimus 2	17	38,91	43	<b>48,90</b>	29	42,79	p > 0.05
Küsimus 3	17	35,06	43	<b>53,93</b>	29	37,59	p < 0.05
Küsimus 4	17	46,56	43	<b>56,12</b>	29	27,60	p < 0.05
Küsimus 5	17	39,56	43	<b>53,26</b>	29	35,95	p < 0.05
Küsimus 6	17	45,56	43	<b>53,05</b>	29	32,74	p < 0.05

### 3.2.3 Eel- ja järeltesti tulemuste võrdlus

Esimesele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks võrreldi eel- ja järeltesti andmeid, et hinnata õpilaste arusaamise muutust gaaside lahustuvust mõjutavatest tegurites loodud õppematerjali rakendamisel. Andmeid analüüsiti *IBM SPSS Statistics 22* programmi abil, kuna eel- ja järeltesti keskmised tulemused vastasid normaaljaotusele. Eel- ja järeltestis küsimustele täiesti õigesti vastanud õpilaste arvu muutust analüüsiti *SPSS* programmis Wilcoxon *signed-rank* testiga.

Käesolevas töös lähtuti sellest, et õpilane saab aru, kui ta sooritab praktilise töö, teeb sellest õige järelduse ning vastab selle põhjal õigesti ka järeltestis. Seega kui õpilane on praktilise töö lehel jõudnud õige katse tulemuseni ja teinud järeltestis õige valiku, võib väita, et õpilasel on teemast arusaamine.

Tabelis 7 on esitatud küsimuste kaupa eel- ja järeltesti õigete tulemuste muutus, mida on analüüsitud Wilcoxon *signed-rank* testi abil.

**Tabel 7.** Eel- ja järeltesti tulemuste võrdlus küsimuste kaupa analüüsitud Wilcoxon *signed-rank* testiga

	Tulemus paranes	Mean rank	Tulemus halvenes	Mean rank	Eel- ja järeltest õige	p
Milline gaas on lahustunud mineraalvees?	1	2,50	3	2,50	73	$p < 0.05$
Millise keskkonna tekitab lahustunud gaas mineraalvees?	25	14,5	3	14,5	50	$p < 0.05$
Milline võiks olla mineraalvee pH?	24	14,0	3	14,0	43	$p < 0.05$
Kuidas mõjutab temperatuuri tõstmine gaasi lahustumist?	20	14,0	7	14,0	24	$p < 0.05$
Kuidas mõjutab gaasi osarõhu vähendamine gaasi lahustumist?	15	15,5	15	15,5	43	$p < 0.05$
Kuidas mõjutab elektrolüüdi lisamine gaasi lahustumist?	39	26,0	12	26,0	7	$p > 0.05$
Kõik küsimused kokku	53	36,05	13	23,12	0	$p < 0.05$

Tabelist 7 saab järeldada, et kõige enam paranes õpilaste tulemus kuuenda küsimuse korral, kus oli vaja hinnata elektrolüüdi lisamise mõju gaasi lahustumisele, kuid seda statistiliselt mitteolulisel määral ( $p > 0.05$ ). Nii eel- kui ka järeltestis vastasid sellele küsimusele õigesti vaid seitse õpilast.

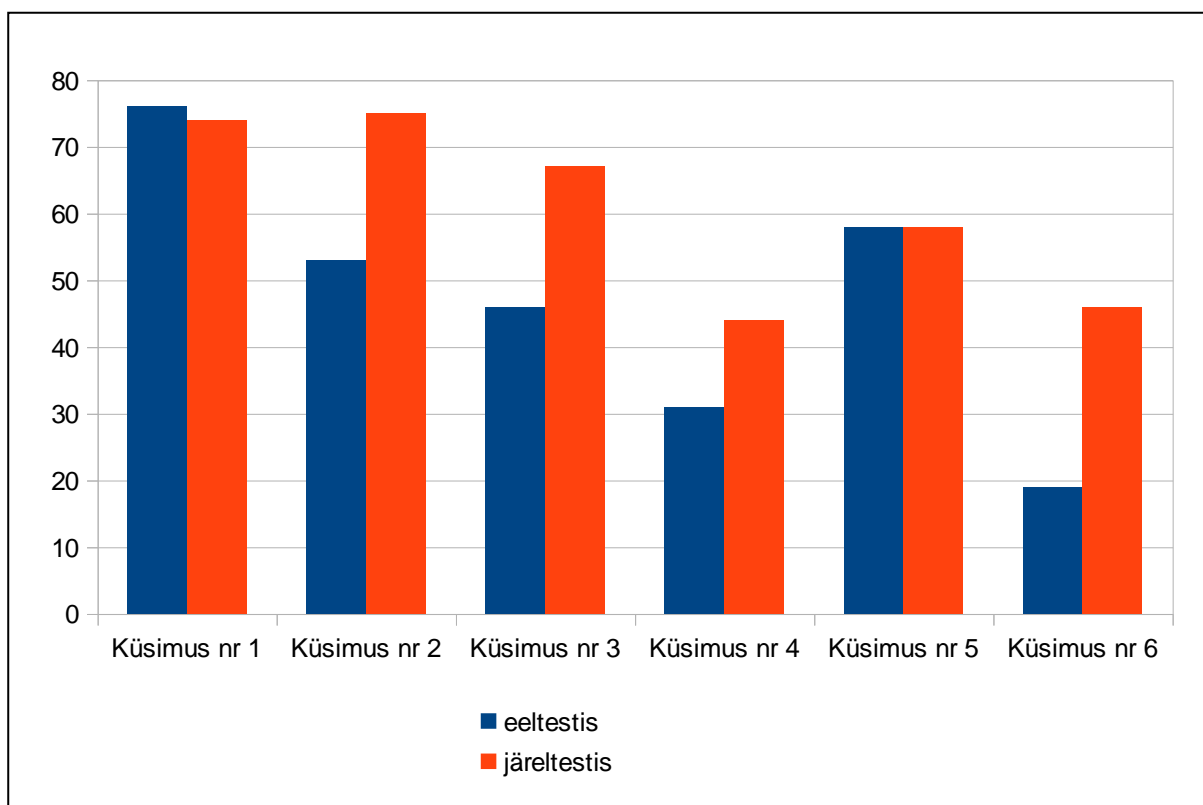
Tulemus paranes märgatavalt ka teise ja kolmanda küsimuse korral. Teise küsimuse korral, kus oli vaja märkida, millise keskkonna tekitab lahustunud gaas mineraalvees, parandas oma tulemust 25 õpilast ja kolmanda küsimuse korral, kus tuli märkida, milline võiks olla mineraalvee pH, parandas oma tulemust 24 õpilast. Mõlema küsimuse puhul paranesid tulemused eel- ja järeltestis võrrelduna statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ).

Kõige vähem paranes tulemus (vaid ühel õpilasel) esimese küsimuse korral, kus oli vaja pakkuda, milline gaas on lahustunud karboniseeritud mineraalvees, kuid see küsimus oli juba õigesti vastatud nii eel- kui ka järeltestis 73 õpilasel 89-st.

Viienda küsimuse, kuidas mõjutab gaasi osarõhu vähendamine gaasi lahustuvust, korral halvenes tulemus kõige rohkem (15 õpilasel) ja seda statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ). Lugesdes õpilaste märkmeid praktilise töö lehtedelt võib arvata, et peamiseks põhjuseks võib siinkohal olla, et paljud õpilased ei teadnud, kas gaasi osarõhk on suurem avatud või suletud pudelis.

Kahjuks ei olnud mitte ühelgi õpilasel nii eeltestis kui ka järeltestis kõik küsimused õigesti vastatud, kuid testi koguarvestuses paranes tulemus 53 õpilasel ja halvenes 13 õpilasel, 23 õpilasel jäi õigete vastuste arv samaks. Statistiliselt olulisel määral ( $p < 0.05$ ) läks punktide kogusumma paremaks.

Eel- ja järeltesti õigete küsimuste arvu võrdlevalt kujutab joonis 9.



**Joonis 9.** Eel- ja järeltestis õigesti vastanud õpilaste arv küsimuste kaupa (kokku vastas 89 õpilast).

Jooniselt on näha, et kõige rohkem suurenes peale uurimusliku töö sooritamist õigete vastuste arv küsimuse number kuus korral, kus õigeid vastuseid oli eel- ja järeltestist vastavalt 19 ja 46 (lisandus 27 õiget vastust). Küsimuste number kaks, kolm ja neli korral oli samuti näha

märagatavat õigete vastuste tõusu, õigeid vastuseid lisandus võrreldes eeltestiga vastavalt 22, 21 ja 13. Täpselt samaks jäi õigete vastuste arv küsimuse number viis korral, kus nii eeltestis kui ka järeltestis vastas õigesti 58 õpilast. Esimesele küsimusele vastamisel õigete vastuste arv järeltestis isegi vähenes kahe õpilase võrra võrrelduna eeltestiga.

Tulenevalt eelnenud analüüsist võib järeldada, et käesoleva töö raames loodud õppematerjal gaasi lahustuvust mõjutavate tegurite uurimiseks arendas õpilaste arusaamist käsitletavast teemast statistiliselt olulisel määral.

### **3.2.4 Õpilaste hinnang loodud õppematerjalile ja selle rakendamisele**

Teisele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks analüüsiti õpilaste hinnanguküsimustike vastuseid (Lisa 3). Tabelis 8 on esitatud hinnanguküsimustike analüüsi koondtulemused loodud õppematerjali ja selle rakendamise kohta. Hinnanguküsimustikule vastas 89 uuringus osalenud õpilast.

Tulemustest saab järeldada, et kõige rohkem ( $m=4,6$ ) olid õpilased nõus kümnenda väitega, mis ütleb, et praktilised tööd teevad keemia tunni põnevaks. Selle väite puhul on mood viis, seega vastuseid „Nõustun täiesti“ esines kõige enam (34 vastust 89-st). Samuti olid täielikult või valdavalt paljud õpilased nõus, et uurimine oli hea viis harjutada oma praktilise töö oskusi ( $m=4,2$ ; mood=5) ja et õpilane sai uurimistöö käigus juurde uusi teadmisi ( $m=4,0$ ; mood=5). Enamus väidetega nõustusid õpilased osaliselt või valdavalt (aritmeetiline keskmine jäi kolme ja nelja vahele). Nendest väidetest enim kordi nõustusid täiesti (mood=5) õpilased sellega, et üldiselt meeldivad õpilasele sellised katsed rohkem, kui traditsioonilised laboratoorsed tööd praktilise tööjuhendiga ja et töö võimaldas õpilasel katsetada enda ideid.

Valdavalt ei nõustunud ( $m=2,2$ ; mood=2) õpilased väitega, et uurimine oli raske, sest õpilasel oli vaja planeerida töö käik.



**Tabel 8.** Õpilaste (N = 89) hinnanguküsimustiku keskmised tulemused analüüsituna programmis *Libre Office Calc*, kus 1 vastab hinnangule „Ei nõustu üldse“, 2 „Valdavalt ei nõustu“, 3 „Nõustun osaliselt“, 4 „Valdavalt nõustun“ ning 5 „Nõustun täiesti“

<b>Väide</b>	<b>Aritmeetiline keskmine, m</b>	<b>Mood</b>	<b>Mediaan</b>
1) Gaasi lahustuvuse uurimine oli huvitav.	3,8	4	4
2) Uurimine oli kasulik, sest ma sain rohkem teada gaaside lahustuvuse kohta.	3,7	4	4
3) Töö võimaldas mul katsetada enda ideid.	3,5	5	4
4) Uurimine oli oluline, sest mul oli võimalus rakendada oma keemiaalaseid teadmisi, et lahendada probleemi.	3,7	4	4
5) Uurimine oli raske, sest mul oli vaja planeerida töökäik.	2,2	2	2
6) Ma tundsin end kindlalt tööd planeerides.	3,6	4	4
7) Uurimine oli hea viis harjutada oma praktilise töö oskusi.	4,2	5	4
8) Üldiselt meeldivad mulle sellised katsed rohkem, kui traditsioonilised laboratoorsed tööd praktiliste tööjuhenditega.	3,8	5	4
9) Katse tulemustest järelduste tegemine aitas mul mõista teemat paremini.	3,7	4	4
10) Praktilised tööd teevad keemia tunni põnevaks.	4,6	5	5
11) Ma sain uurimistöö käigus juurde uusi teadmisi	4,0	5	4

### 3.2.5 Õpetajate küsimustiku analüüs

Teisele uurimisküsimusele vastuse leidmiseks analüüsiti ka õpetaja hinnanguküsimustike (Lisa 5) vastuseid. Tabelis 9 on esitatud hinnanguküsimustike valikvastustega küsimuste analüüsi koondtulemused loodud õppematerjali rakendamise kohta. Hinnanguküsimustikule vastas kokku 3 uuringus osalenud õpetajat.

**Tabel 9.** Õpetajate (N = 3) hinnanguküsimustiku keskmised tulemused analüüsituna programmis *Libre Office Calc*, kus 1 vastab hinnangule „Ei nõustu üldse“, 2 „Valdavalt ei nõustu“, 3 „Nõustun osaliselt“, 4 „Valdavalt nõustun“ ning 5 „Nõustun täiesti“

Väide	Aritmeetiline keskmine, m
1) Tunnis läbi viidud praktiline töö annab õpilastele uusi teadmisi gaaside lahustuvuse kohta.	4,0
2) Praktiline töö suurendab õpilaste huvi keemia vastu.	4,7
3) Tunnis läbi viidud töö arendab õpilaste oskusi teha praktilist tööd.	5,0
4) Uurimise käigus on õpilastel võimalik luua seoseid teooria ja praktika vahel.	4,7
5) Praktilise töö tegemine paarides arendab õpilaste koostöö tegemise oskusi.	5,0
6) Uurimine arendab õpilastes katses nähtavate visuaalsete efektide tõlgendamist.	5,0
7) Uurimine on õpilaste jaoks raske, sest nad pole harjunud praktilisi töid tegema.	2,3

Tulemuste põhjal saab järeldada, et kõik uuringus osalenud õpetajad olid täiesti nõus väidetega, et tunnis läbi viidud töö arendab õpilaste oskusi teha praktilist tööd, töö tegemine paarides arendab õpilaste koostöö tegemise oskusi ja uurimine arendab õpilastes katses nähtavate visuaalsete efektide tõlgendamist. Samuti olid õpetajad peaaegu täiesti nõus ( $m=4,7$ ) väidetega, et praktiline töö suurendab õpilaste huvi keemia vastu ja et uurimise käigus on õpilastel võimalik luua seoseid teooria ja praktika vahel.

Valdavalt nõustusid õpetajad väitega, et tunnis läbi viidud praktiline töö annab õpilastele uusi

teadmisi gaaside lahustuvuse kohta.

Väitega, et uurimine on õpilaste jaoks raske, sest nad pole harjunud praktilisi töid tegema, õpetajad valdavalt ei nõustu.

Lisaks oli õpetaja küsimustikus ka üks vabavastuseline küsimus, kus sooviti teada, et millised on õpilaste eelteadmised gaaside lahustuvuse teemal? Sellele küsimusele oli õpetajatel natuke keeruline vastata, kuna 10.klassi tuleb tavaliselt ka teistest koolidest õpilasi, kelle eelteadmisi uus õpetaja täpselt ei tea, aga kõik õpetajad vastasid, et teema peaks olema õpilastel põhikoolis läbitud.

Kõik uuringus osalenud õpetajad avaldasid soovi käesoleva magistritöö raames koostatud õppematerjali ka ise tulevikus kasutada ja selle tarvis saadeti õppematerjal ja selle juurde kuuluvad testid uuringus osalenud kolmele õpetajale.

### **3.3 Õpilaste sagedamini esinevad vead praktilise töö planeerimisel, läbi viimisel ja järeltestides**

Kolmandale uurimisküsimusele vastuse saamiseks vaadeldi igas uuringus osalenud klassis õpilaste praktilise töö võtteid, analüüsiti praktilise töö juhendis (Lisa 4) nõutud katsete tulemusi ja järeltestide tulemusi.

Praktilise töö planeerimisel ja sooritamisel enamlevinud vead:

- temperatuuri mõju gaasi lahustuvusele uurivas katses oli vaja õpilastel valada mineraalvett keeduklaasi, soovitavalt lisada sinna punase peakapsa indikaatorlahust ja seejärel kuumutada keeduklaasi elektripliidil. Selle katse puhul valasid paljud õpilased keeduklaasi peaaegu ääreni mineraalvett täis, mille tõttu võttis kuumutamine palju aega ja seega ei jõudnud osad õpilased katse tulemust ära oodata ning tegid katsest vale järelduse. Teine viga sama katse juures oli see, et kui õpilased nägid mineraalvee kuumutamise korral indikaatori värvuse muutumist lillakas-roosast roheliseks, siis enamus õpilasi ei läinud saadud värvust pH-skaalaga võrdlema, et teha järeldust vaid kirjutasid lihtsalt, et lahuse värvus muutus.
- mitme katse (mineraalvee pH uurimine, temperatuuri mõju ja elektrolüüdi lisamise mõju uurimise) juures ei tulnud õpilased selle peale, et võtta mineraalveele võrdluseks kõrvale tavaline kraanivesi. Uurides kahte vett (karboniseeritud mineraalvett ja tavalist kraanivett)

võrdlevalt kõrvuti saab õpilane katsest välja lugeda hoopis rohkem informatsiooni ja ühtlasi on kergem jõuda ka järeldusteni.

- sageli lisasid õpilased mineraalveele näiteks pH uurimiseks punase peakapsa indikaatorlahust väga vähe, seega oli lahuse värvus vaevu nähtav ja järeldust keerulisem teha
- mineraalvee pH uurimise katse juures oli õpilastel kasutada punase peakapsa indikaatorlahuse pH-skaala, kuid leidis õpilasi, kes ei osanud pH-skaalat lugeda. Lahuse värvust võrreldi skaalaga ja saadi pH-le numbriline väärtus, kuid osad õpilased ei teadnud, kuhu poole pH-skaalal jääb aluseline või happeline keskkond.
- sarnaselt keeduklaasidega temperatuuri mõju uurimise katse juures valasid õpilased teiste katsete juures katseklaasid ääreni täis, seega oli sinna juba üsna keeruline lisada indikaatorlahust ja saadud lahust ka natuke segada.
- elektrolüüdi mõju uurimise katse juures võtsid õpilased katseklaasi koos mineraalveega kaasa töövahendite laua juurde, lisasid seal mineraalveele keedusoola, jalutasid seejärel oma laua juurde tagasi ja hakkasid alles siis vaatama, mis katseklaasis toimub. Kahjuks jõuti sel juhul järeldusele, et elektrolüüt ei mõjuta gaasi lahustumist, kuna katses nähtavat efekti mullide eraldumise näol peab vaatama koheselt peale elektrolüüdi lisamist.
- rõhu mõju uurimise katses tekkis õpilastel sageli küsimus, et kas rõhk on suurem avatud või suletud pudelis ja seega oli neil keeruline ka katsest õige järelduse tegemine.

Õpilaste järelduste tulemused on analüüsitud käesolevas töös punktis 3.2.2, kus on välja toodud, et peamine vale arusaam õpilastel seisnes selles, et kui õpilased nägid katse käigus mullide eraldumist, siis küllaltki paljud õpilased arvasid, et mida rohkem mulle on näha, seda rohkem gaas lahustub. 45% uuringus osalenud õpilastest arvas ka peale praktilise töö sooritamist, et temperatuuri tõustes gaasi lahustuvus suureneb. Kuuenda küsimuse korral, kus oli vaja hinnata elektrolüüdi lisamise mõju gaasi lahustumisele, vastas valesti 48% õpilastest ja seda peamiselt kahel põhjusel. Esmalt vaadati katses esinevat efekti liiga hilja, mitte kohe peale elektrolüüdi lisamist ja teiseks tõlgendati sageli mullide eraldumist valesti ehk tehti järeldus, et mida rohkem on näha mulle, seda suurem on gaasi lahustuvus.

## KOKKUVÕTE

Keemia õppimisel on teooria ja praktika omavahel tihedasti seotud. Edukaks õppimiseks on vaja õpilasel ise jõuda läbi eksperimendi tulemuseni, et tekiks arusaamine õpitavatest teemadest ja kontseptsioonidest. Gümnaasiumi riiklik õppekava näeb ette, et keemiateadmised omandatakse suurel määral uurimisülesannete kaudu, mille vältel saavad õpilased probleemide esitamise, hüpoteeside sõnastamise ja katsete või vaatluste plaanimise ning nende tegemise, tulemuste analüüsi ja tõlgendamise oskused. Selliseid kõrgema järgu oskusi saabki arendada uurimusliku õpet kasutades.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli koostada süsinikdioksiidi näitel gaaside lahustuvust puudutav uurimuslikul õppel põhinev õppematerjal 10. klassile, viia läbi uurimuslikul õppel põhinev tund, kasutades selleks loodud õppematerjali ja selgitada välja õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjali abil läbi viidud uurimusliku õppe tunnile.

Uurimistöö eesmärkide täitmiseks koostati mittetöenäosuslik mugavusvalim, mis koosnes 89-st 10. klassi õpilasest kolmest Tartumaa koolist. Andmete kogumiseks kasutati õpilaste eel- ja järelteste, hinnanguküsimustikke, praktilise töö lehti, vaatlust ning õpetaja tagasisidet.

Esimese uurimisküsimusega selgitati välja, kuidas muutub õpilaste arusaamine gaaside lahustumist mõjutavatest tegurites koosatud õppematerjali kasutades. Õpilaste keskmised tulemused paranesid järeltestis kõikide küsimuste korral va esimene küsimus, kus nii eel- kui ka järeltestis vastas õigesti 73 õpilast 89-st. Sellest tulenevalt võib järeldada, et käesoleva töö raames loodud õppematerjal gaasi lahustumist mõjutavate tegurite uurimiseks arendas õpilaste arusaamist käsitletavast teemast statistiliselt olulisel määral ( $p < 0,001$ ).

Teise uurimisküsimusega selgitati välja õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjali abil läbi viidud uurimusliku õppe tunnile. Õpilaste hinnangud olid õppematerjalile väga positiivsed. Kõige rohkem nõustusid õpilased väitega, et praktilised tööd teevad keemia tunni põnevaks. Samuti olid paljud õpilased täielikult või valdavalt nõus, et uurimine oli hea viis harjutada oma praktilise töö oskusi ning et uurimistöö käigus said nad juurde uusi teadmisi. Valdavalt ei nõustunud õpilased väitega, et uurimine oli raske, sest õpilasel oli vaja planeerida töö käik.

Kõik uuringus osalenud õpetajad olid täiesti nõus väidetega, et tunnis läbi viidud töö arendab õpilaste oskusi teha praktilist tööd, töö tegemine paarides arendab õpilaste koostöö tegemise oskusi ja uurimine arendab õpilastes katses nähtavate visuaalsete efektide tõlgendamist. Samuti olid õpetajad peaaegu täiesti nõus ( $m=4,7$ ) väidetega, et praktiline töö suurendab

õpilaste huvi keemia vastu ja et uurimise käigus on õpilastel võimalik luua seoseid teooria ja praktika vahel.

Kolmanda uurimisküsimusega sooviti välja tuua õpilaste sagedamini esinevad vead praktilise töö planeerimisel, läbi viimisel ja järeldustel. Õpilaste sagedamini esinenud vead praktilise töö planeerimisel ja läbi viimisel olid järgmised:

- õpilased valasid katsetes kasutatavad katseklaasid või keeduklaasid peaaegu ääreni mineraalvett täis, mis raskendas oluliselt näiteks lahuse segamist ja pikendas kuumutamisele kuluvat aega;
- õpilased ei tulnud selle peale, et võtta mitmetes katsetes mineraalveele võrdluseks kõrvale teise katseklaasiga tavaline kraanivesi, mis annaks katse kui terviku kohta rohkem informatsiooni;
- sageli lisasid õpilased mineraalveele näiteks pH uurimiseks punase peakapsa indikaatorlahust väga vähe, seega oli lahuse värvus vaevu nähtav ja järeldust keerulisem teha

Õpilaste järeldustel tulemustes seisnes peamine vale arusaam selles, et kui õpilased nägid katse käigus mullide eraldumist, siis tõlgendati sageli mullide eraldumist valesti ehk tehti järeldus, et mida rohkem on mulle, seda suurem on gaasi lahustuvus.

Magistritöö raames loodud õppematerjal gaaside lahustuvust mõjutavate tegurite uurimiseks ja läbi viidud uurimusliku õppe tund tervikuna meeldis nii õpilastele kui õpetajale. Positiivsetest tulemustest ja hinnangutest lähtuvalt võiks loodud õppematerjali rakendada ka edaspidi.

## **TÄNUAVALDUSED**

Autor tänab kõiki uuringus osalenud õpilasi ja nende õpetajaid. Eriline tänu juhendaja Terje Raudsepale nõuannete ja pühendatud aja eest. Samuti soovib autor tänada oma perekonda, kursusekaaslast ja sõpru toetuse eest.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

**Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H-L. (2004).** Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88, 397–419.

**Anderson, R. D. (2002).** Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.

**Antony, E., Mitchell, L., Nettenstorm, L. (2000).** When  $A + B \neq B + A$ . *Journal of Chemical Education*, 77 (9), lk 1180-1181.

**Artdej, R. & Thongpanchang, T. (2008).** A Dramatic Classroom Demonstration of Limiting Reagent Using the Vinegar and Sodium Hydrogen Carbonate Reaction. *Journal of Chemical Education*, 85 (10), lk 1382-1384.

**Beljajev, R., Vanari, K., (2006).** *Õppimine ja õppimisoskuste arendamine täiskasvanuna*. Tallinn: Sisekaitseakadeemia.

**Bruner, J. S. (1960).** *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press.

**Buck, B. B., Bretz, S. L. & Towns, H. T. (2008).** Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 52-58.

**Chatterjee, S., Williamson, V.M., McCann, K., Peck, M.L. (2009).** Surveying Students' Attitudes and Perceptions toward Guided-Inquiry and Open-Inquiry Laboratories. *Journal of Chemical Educations*, (86)12, 1477-1432.

**Duffy, D.Q., Shaw, S.A., Bare W. D., Goldsby, K.A. (1995).** More Chemistry in a Soda Bottle. *Journal of Chemical Education*, 72 (8), lk 734-736.

**Fay, M. E., Grove, N. P., Towns, M. H., & Bretz, S. L. (2007).** A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and*



*Practice* 8 (2), 212–219.

**Gümnaasiumi riiklik õppekava: Lisa 4. (2011).** RT I, 14.01.2011, 2. Aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/120092011002>. (viimati vaadatud 02.06.2015).

**Gürses, A., Açıkıldız, M., Doğar, Ç. & Sözbilir, M. (2007).** An investigation into the effectiveness of problem-based learning in a physical chemistry laboratory course. *Science & Technological Education*, 25 (1), 99–113.

**Hani, V. (2010).** *Uurimusliku õppe rakendamise ja praktiliste tööde erinevad realiseerimised uurimuskasvatuse õppes*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Journal of Chemical Education Editorial Staff. (1998).** Chemistry Time: Factors Affecting the Rate of a Chemical Reaction. *Journal of Chemical Education*, 75 (9), lk 1120A-1120B.

**Karelson, M., Lukason, A., Töldsepp, A. (2001).** *Keemia IX klassile, Anorgaanilised ja orgaanilised ained*. Tallinn: Koolibri.

**Karik, H. (1997).** *Keemia 9. klassile*. Tallinn: Koolibri.

**Kask, K., & Rannikmäe, M. (2006).** Estonian Teacher's Readiness to Promote Inquiry Skills Among Students. *Journal of Baltic Science Education*, 1(9), 5–16.

**Kask, K. (2010).** Uurimuskasvatuse õppe keemiatundides. A. Voronina (Toim), *Põhikooli valdkonnaraamat loodusteadustes* (lk 1–7). Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus.

**Katt, N., Saar, M. (2012).** *Keemia töövihik VIII klassile*. Tallinn: Maurus.

**Kiisla, K. (2011).** *Uurimuskasvatuse õppe rakendamise loodusteadustes tundides ühe kooli näitel*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Kitot, A. K. A., Ahmad, A. R. & Seman, A. A. (2010).** The Effectiveness of Inquiry Teaching in Enhancing Students' Critical Thinking. *Social and Behavioral Sciences*, 7, 264-273.

**Lanni, L. M. (2014).** Filling a Plastic Bag with Carbon Dioxide: A Student-Designed Guided-Inquiry Lab for Advanced Placement and College Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 91, lk 1390-1392.

**Mugaloglu, E. & Saribas, D. (2010).** Pre-service science teachers' competence to design an inquiry based lab lesson. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2 (2), 4255-4259.

**Pedaste, M. & Mäeots, M. (2008).** Uurimuslik õpe loodusainetes. Aadressil [http://www.oppekava.ee/index.php/Uurimuslik\\_%C3%B5pe\\_loodusainetes](http://www.oppekava.ee/index.php/Uurimuslik_%C3%B5pe_loodusainetes). (viimati vaadatud 02.06.2015).

**Pedaste, M., Sarapuu, T. & Mäeots, M. (2009).** Uurimuslik õpe IKT abil. K. Pata ja M. Laanpere (toimetajad) raamatus *Tiigriõpe: haridustehnoloogia käsiraamat*. Tallinn: Tiigrihüppe Sihtasutus.

**Põhikooli riiklik õppekava: Lisa 4. (2011).** RT I, 14.01.2011, 2. Aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/128082013007>. (viimati vaadatud 02.06.2015)

**Pärtel, E. (2010).** *Loodusõpetus. Sissejuhatus füüsikasse ja keemiasse*. 7.klass. Tallinn: Koolibri.

**Rikka, K. (2010).** *Õpetajate poolt väärtustatud toetussüsteemid uurimusliku õppe läbiviimiseks loodusteaduste tundides*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Rohrig, B. (2000).** Fizzy Drinks: Stoichiometry You Can Taste. *Journal of Chemical Education*, 77 (12), lk 1608A-1608B.

**Saar, M., Katt, N. (2013).** *Keemia töövihik IX klassile*. Tallinn: Maurus.

**Saar, M. (2013).** *Keemia töövihik gümnaasiumile III osa, Anorgaaniliste ainete omadused ja rakendused*. Tallinn: Maurus.

**Saar, M. (2014).** *Keemia töövihik gümnaasiumile, Keemia alused*. Tallinn: Maurus.

**Zion, M. (2007).** Implementation Model of an Open Inquiry Curriculum. *Science Education International*, 18(2), 93–112.

**Znamenski, R. (2012).** *Põhikooli loodusteaduste õpetajate valmisolek uurimusliku õppe läbiviimiseks*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Tamm, L. (2005).** *Üldine ja anorgaaniline keemia, õpik X klassile*. Tallinn: Avita.

**Tamm, L. (2006).** *Keemia VIII klassile, I osa*. Tallinn: Avita.

**Tamm, L. (2006).** *Keemia VIII klassile, II osa*. Tallinn: Avita.

**Tamm, L. (2014).** *Keemia õpik gümnaasiumile, Anorgaanilised ained*. Tallinn: Maurus.

**Tamm, L. (2014).** *Keemia õpik gümnaasiumile, Keemia alused*. Tallinn: Maurus.

**Tamm, L., Timotheus, H. (2007).** *Keemia IX klassile, I osa*. Tallinn: Avita.

**Tamm, L., Timotheus, H. (2007).** *Keemia IX klassile, II osa*. Tallinn: Avita.

**Veeremaa, T. (2010).** *Keemiaõpetaja uurimusliku õpikeskkonna loojana*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

**Voivod, P. (2011).** *Geograafiaõpetaja uurimusliku õppe kasutajana*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

## SUMMARY

Jaana Jürgens

### **Using Inquiry-Based Learning in Teaching Solubility of Gases on the Example of Carbon Dioxide**

Chemistry studies involve a close integration of theory and practice. For successful studies and in order to understand the topics and concepts, the learner can achieve the results by performing an experiment. The national curriculum of the gymnasium foresees that the majority of knowledge in the area of chemistry has to be acquired by solving research tasks to help the pupils to develop skill like the establishment of the problems, the wording of the hypotheses, the planning of the experiments and observations, the performance of experiments, the analysis and the interpretation of the results. Such kind of advanced skills can be developed by applying inquiry learning.

The goal of this Master's thesis is to prepare learning material for inquiry learning used in Form 10, concerning the topic of the solubility of gases based on the example of carbon dioxide, to conduct a lesson by applying the principle of inquiry learning and the prepared learning material, and to collect pupils' and teachers' evaluation of the lesson, carried out on the basis of the created learning material.

In order to accomplish the goals of the research, a non-probability sampling consisting of 89 pupils from Form 10 of three schools in Tartu County was compiled. In order to collect necessary data from pupils, pre and follow-up tests, assessment questionnaires, practical worksheets, observations and teacher's feedback were used.

The first research question helped to identify the change in the pupils' perception of the factors, which influence the solubility of gases, when using the prepared learning material. The average results of pupils improved in all the questions of the follow-up tests, except the first question, in which 73 pupils out of 89 responded properly in the pre-and follow-up tests. Based on this it may be concluded that the learning material prepared within the framework of this thesis concerning the factors, which have an impact on the solubility of gases, developed the pupil's understanding of the discussed theme on a statistically significant level ( $p < 0,001$ ).

The second question helped to establish the pupils' and teachers' evaluation towards the lesson carried out with the help of the created learning material. Pupils' evaluation on the learning material was very positive. Most pupils agree to the statement that practical work makes chemistry lessons interesting. Also most pupils entirely or predominantly agree to the statement that inquiry learning is a good way to develop practical skills and obtain new knowledge. Pupils predominantly disagree with the statement that inquiry is difficult because it has to be planned.

All teachers participating in the survey entirely agree to the statement that work carried out in the lesson helps to develop pupils' skills of practical work, working in pairs helps to develop pupils' cooperation skills and the ability to interpret visual effects. Also, the teachers almost entirely agree ( $m=4.7$ ) to the statement that practical work increases pupils' interest in chemistry and during inquiry pupils are able to create associations between theory and practice.

The third research question was intended to bring out the pupils' most common practical mistakes in the planning and the performance of the work and in follow-up tests. The pupils' most common mistakes in the planning and the performance of practical work were as follows:

- during the experiment pupils filled the test tubes and beakers with mineral water almost up to the top, which made the mixing of the solution significantly more difficult and prolonged the time needed for heating;
- during the experiments pupils did not come to the idea to use pure water in test tubes for the comparison with mineral water to get more information for the experiment in general;
- the amount of the indicator solution of red cabbage used by pupils to test the level of pH was too small and the colour of the solution was barely visible, which made drawing conclusions more complicated

In the pupils' follow-up test the main misconception is constituted in the fact that when the pupils saw the bubbles separate during the experiment, they interpreted the separation of bubbles in a wrong way or deducted - the more bubbles, the bigger is the solubility of the gas.

The learning material prepared for the survey of the factors, which may influence the solubility of gases prepared within the frameworks of the preparation of this Master's thesis and the lesson of inquiry learning were appreciated by both - the pupils and the teachers. Due to positive results and evaluation the prepared learning material might be applied also in the future.

## **LISAD**

Lisa 1. Eeltest

Lisa 2. Järeltest

Lisa 3. Õpilase hinnanguküsimustik

Lisa 4. Praktilise töö juhend

Lisa 5. Õpetaja hinnanguküsimustik

Lisa 6. Soovitusi ja selgitusi õpetajatele praktilise töö läbiviimiseks

## LISA 1. Eeltest

### Gaasi lahustuvuse uurimine

Mari on noor ja kena tütarlaps, kes pöörab palju tähelepanu oma tervisele. Ta käib iga nädal trennis ja jälgib oma toitumist. Trennis on Mari alati kaasas mineraalvee pudel ja ka söögikordade vahepeal joob Mari alati karboniseeritud mineraalvett. Hiljuti käis Mari hambaarsti juures ja ta oli väga üllatunud, kui arst leidis tema hammastes kaks väikest auku. Hambaarst vestles Mariga tema toitumisharjumuste üle ja selgitas, et Mari peaks mineraalvee asemel hakkama toidukordade vahepeal tarvitama hoopis tavalist kraanivett.

### Eeltest

Milline gaas on lahustunud karboniseeritud mineraalvees?.....

Kas see lahustunud gaas tekitab vees happelise/aluselise/neutraalse keskkonna?.....

Milline võiks olla mineraalvee pH ( $\text{pH} < 7$ ,  $\text{pH} = 7$ ,  $\text{pH} > 7$ )?.....

Kas ja kuidas mõjutavad gaasi lahustuvust vees järgmised tegurid? Märkida tabeli vastavasse lahtrisse rist.

Tegur	Gaasi lahustuvus		
	suureneb	väheneb	ei muutu
Temperatuuri tõstmine			
Gaasi osarõhu vähendamine			
Lahusele NaCl lisamine			

## LISA 2. Järeldest

Milline gaas on lahustunud mineraalvees?.....

Kas see lahustunud gaas tekitab vees happelise/aluselise/neutraalse keskkonna?.....

Milline võiks olla mineraalvee pH ( $\text{pH} < 7$ ,  $\text{pH} = 7$ ,  $\text{pH} > 7$ )?.....

Kas ja kuidas mõjutavad gaasi lahustuvust vees järgmised tegurid? Märkida tabeli vastavasse lahtrisse rist.

Tegur	Gaasi lahustuvus		
	suureneb	väheneb	ei muutu
Temperatuuri tõstmine			
Gaasi osarõhu vähendamine			
Lahusele NaCl lisamine			

Palun selgitage, miks soovitas arst Maril hakata karboniseeritud mineraalvee asemel toidukordade vahepeal jooma tavalist kraanivett?



### LISA 3. Õpilase hinnangüküsimustik

Avaldage arvamust antud väidete osas. Märkige tabeli vastavasse lahtrisse rist, mis peegeldab kõige paremini Teie arvamust!

	<b>Ei nõustu üldse 1</b>	<b>Valdavalt ei nõustu 2</b>	<b>Nõustun osaliselt 3</b>	<b>Valdavalt nõustun 4</b>	<b>Nõustun täielikult 5</b>
Gaasi lahustuvuse uurimine oli huvitav.					
Uurimine oli kasulik, sest ma sain rohkem teada gaaside lahustumise kohta					
Töö võimaldas mul katsetada enda ideid					
Uurimine oli oluline, sest mul oli võimalus rakendada oma keemiaalaseid teadmisi, et lahendada probleemi.					
Uurimine oli raske, sest mul oli vaja planeerida töökäik.					
Ma tundsin end kindlalt tööd planeerides.					
Uurimine oli hea viis harjutada oma praktilise töö oskusi.					
Üldiselt meeldivad mulle sellised katsed rohkem, kui traditsioonilised laboratoorsed tööd praktiliste tööjuhenditega.					
Katse tulemustest järelduste tegemine aitas mul mõista teemat paremini					
Praktilised tööd teevad keemia tunni põnevaks					
Ma sain uurimuse käigus juurde uusi teadmisi					

Muud kommentaarid (kui on):

## **LISA 4. Praktilise töö juhend**

### **Praktiline töö.**

Kasutatavad ained ja katsevahendid: korgiga suletav mineraalvee pudel, katseklaasid, statiiv katseklaasidele, vesivann, elektripliit, keraamiline võrk, kuumuskindel alus, tahke NaCl, punase peakapsa mahla indikaatorlahus.

Ohutusnõuded töötamisel:

- 1) Vooluvõrku lülitatud seadmeid ei tohi jätta valveta.
- 2) Kuumi nõusid ei asetata lauale, vaid kuumuskindlale alusele.
- 3) Vedelike kuumutamisel ei hoita selle ava enese ega kaaslaste suunas.
- 4) Vedeliku soojendamisel keeduklaasis ei kummarduta vedeliku kohale, sest tekkivad aurud võivad sattuda silma ja nahale.
- 5) Elektripliidil kuumutamisel ei asetata klaasist nõusid otseselt elektripliidile vaid elektripliidile asetatud keraamilisele võrgule.

#### **1. Mineraalvee pH uurimine.**

Uurige pudeli etiketilt mineraalvee koostist.

Kasutades toodud mineraalvee koostist palun püstitage hüpotees.

.....  
Katse käik:

Tulemus:

#### **2. Rõhu mõju uurimine gaasi lahustuvusele**

Vahendid: kinnine suletud mineraalvee pudel

Hüpotees:

Kaste käik:

Tulemus:

### 3. Temperatuuri mõju gaasi lahustuvusele

Hüpotees:

Katse käik:

Tulemus:

### 4. Elektrolüüdi mõju gaasi lahustuvusele.

Hüpotees:

Katse käik:

Tulemus:

## LISA 5. Õpetaja hinnanguküsimustik

1. Millised on õpilaste eelteadmised gaaside lahustuvuse teemal?

2. Palun avaldage arvamust antud väidete osas. Märkige tabeli vastavasse lahtrisse rist, mis peegeldab kõige paremini Teie arvamust!

	<b>Ei nõustu üldse 1</b>	<b>Valdavalt ei nõustu 2</b>	<b>Nõustun osaliselt 3</b>	<b>Valdavalt nõustun 4</b>	<b>Nõustun täielikult 5</b>
Tunnis läbi viidud praktiline töö annab õpilastele uusi teadmisi gaaside lahustuvuse kohta.					
Praktiline töö suurendab õpilaste huvi keemia vastu.					
Tunnis läbi viidud töö arendab õpilaste oskusi teha praktilist tööd.					
Uurimise käigus on õpilastel võimalik luua seoseid teooria ja praktika vahel.					
Praktilise töö tegemine paarides arendab õpilaste koostöö tegemise oskusi.					
Uurimine arendab õpilastes katses nähtavate visuaalsete efektide tõlgendamist.					
Uurimine on õpilaste jaoks raske, sest nad pole harjunud praktilisi töid tegema.					

Muud kommentaarid (kui on):

## LISA 6. Soovitusi ja selgitusi õpetajatele praktilise töö läbiviimiseks

Punane peakapsas sisaldab molekuli antotsüaniin (ing.k. *anthocyanin*), mille värvus sõltub lahuse pH-st. Värvused on ära toodud joonisel 1, pH - skaala oli kasutada ka õpilastel.

**Indikaatorlahuse valmistamine:** 300 g punast kapsast tükeldati peenikesteks tükkideks ning pandi blenderisse. Blenderisse lisati 300 ml kraanivett ning blenderdati 10 minutit. Saadud indikaatorlahuse pH oli vahemikus 6.98-7.11.

**Märkus:** kasutades kuuma vett või keetmist, saadakse indikaatorlahus, mille pH on madalam (pH  $\approx$  6.0)! Keedetud lahusega saadakse intensiivsemad värvid.



**Joonis 1.** Punase kapsa indikaatori värvus erinevatel pH-del. 50 ml lahusele on lisatud 1 ml punase kapsa indikaator lahust.

Mineraalveed on veed, mis sisaldavad lahustunud kujul soolasid ning mis võivad olla väga erinevad oma koostise poolest (Tabel 1-4).

**Tabel 1.** Mineraalvee BORJOMI (GEORGIA MINERAL WATER) keemiline koostis.

Mineraalainete sisaldus 5.9 g/l ning mineraalvee pH on 6.29-6.40 (värskelt avatud pudel)

Na <sup>+</sup>	1305-1650 mg/l
K <sup>+</sup>	24-35 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	45-66 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	30-45 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3660-4270 mg/l
Cl <sup>-</sup>	350-435 mg/l

**Tabel 2.** Mineraalvee VÄRSKA ORIGINAAL keemiline koostis. Mineraalainete sisaldus 2.0-2.4 g/l ning mineraalvee pH on 4.45-4.70 (värskelt avatud pudel).

Na <sup>+</sup>	605-670 mg/l
K <sup>+</sup>	19.5-21.5 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	116-129 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	40-44.5 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16-21 mg/l
Cl <sup>-</sup>	1280-1410 mg/l

**Tabel 3.** Mineraalvee S. PELLECRINO keemiline koostis. Looduslik mineraalvesi karboniseeritud. Mineraalainete sisaldus 915 mg/l ning mineraalvee pH on 5.20-5.35 (värskelt avatud pudel).

Na <sup>+</sup>	33.3 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	174 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	51.4 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	430 mg/l
Cl <sup>-</sup>	52 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	245 mg /l

**Tabel 4.** Mineraalvee VYTAUTAS keemiline koostis. Looduslik mineraalvesi karboniseeritud. Mineraalainete sisaldus 7309 mg/l ning mineraalvee pH on 4.35 - 4.65 (värskelt avatud pudel).

Na <sup>+</sup>	1727 mg/l
Ca <sup>2+</sup>	552 mg/l
K <sup>+</sup>	32 mg/l
Mg <sup>2+</sup>	240 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	989 mg/l
Cl <sup>-</sup>	3480 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	300 mg /l

Mineraalveed liigitakse kahte suuremaase rühma: looduslikud ja mittelooduslikud mineraalveed. Lisaks sellele võime leida poelettidelt ka karboniseeritud ja karboniseerimata mineraalveesid. Valdav enamus mineraalveesid on siiski karboniseeritud ning nende pH on

süsinikdioksiidi lahustumise tõttu happeline (Joonis 2-3).



**Joonis 2.** Erinevad karboniseeritud mineraalveed koos punase peakapsa lahusega (indikaatoriga). 50 ml mineraalveele on lisatud 1 ml punase kapsa indikaator lahust.



**Joonis 3.** Sarnased karboniseeritud mineraalveed koos punasekapsa indikaator lahusega. 50 ml mineraalveele on lisatud 1 ml punasekapsa indikaator lahust.



Gaaside lahustuvus vees väheneb, kui lahusele lisada juurde elektrolüüte (soolasid; ka suhkurt, mis ei ole elektrolüüt). Antud nähtust nimetatakse ka väljasoolatamiseks. Gaaside lahustuvuse vähenemine on tingitud solvatatsioonist, mis vähendab vaba lahusti hulka ja põhjustab seega gaaside lahustuvuse vähenemise (Joonis 4-5). Elektrolüüti mineraalveele lisades on efekti näha koheselt rohkete mullide eraldumisega.



**Joonis 4.** Elektrolüüdi ( $\text{NaCl}$ ) mõju mineraalvees Värskas Originaal lahustunud süsinikdioksiidi lahustuvusele.





**Joonis 5.** Elektrolüüdi ( $\text{NaCl}$ ) mõju mineraalvees Borjomi lahustunud süsinikdioksiidi lahustuvusele.

Rõhu vähenemisel gaasi lahustuvus vees väheneb (Joonis 6).



**Joonis 6.** Rõhu alandamise mõju süsinikdioksiidi lahustuvusele mineraalvees Borjomi.

Rõhu mõju gaasi lahustumisele saab vaadelda lihtsalt keerates kinniselt mineraalvee pudelilt

korgi ära, näha on selget mullide eraldumist. Laboritingimustes on võimalik rõhu alandamise mõju uurida ka kasutades selleks veejoapumpa. Näiteks mineraalvee Borjomi, kuid peale rõhu alandamist (selleks kasutati veejoapumpa) ning gaasi eraldumist tõusis lahuse pH = 7.85-8.10. Mineraalvee Värskas Originaali pH on 4.45-4.70 (värskelt avatud pudel). Pärast rõhualandamist pH= 6.57-7.15 (selleks kasutati veejoapumpa).

Mineraalvee kuumutamisel gaasi lahustuvus väheneb (Joonis 7). Temperatuuri mõju gaasi lahustumisele saab lihtsamalt uurida, kui hoida mineraalveega täidetud katseklaasi kuumas vesivannis, sel juhul on näha gaasimullide liikumist (eraldumist). Rohkem informatsiooni ja suurema visuaalse efekti saab mineraalvett, millele on lisatud punase peakapsa indikaatorlahust, kuumutades elektripliidil.



**Joonis 7.** Temperatuuri tõstmise mõju süsinikdioksiidi lahustuvusele mineraalvees Borjomi.

Mineraalveele Borjomi lisati punase peakapsa indikaatorlahust ja kuumutati seejärel elektripliidil umbes 7 minutit. Lahuse värvus muutus lillakas-roosast (happeline) roheliseks (aluseline).

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, \_\_\_\_\_ Jaana Jürgens \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Uurimusliku õppe kasutamine gaaside lahustuvuse õpetamisel süsinikdioksiidi näitel,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja on \_\_\_\_\_ PhD Terje Raudsepp \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja nimi*)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **03.06.2015**